



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

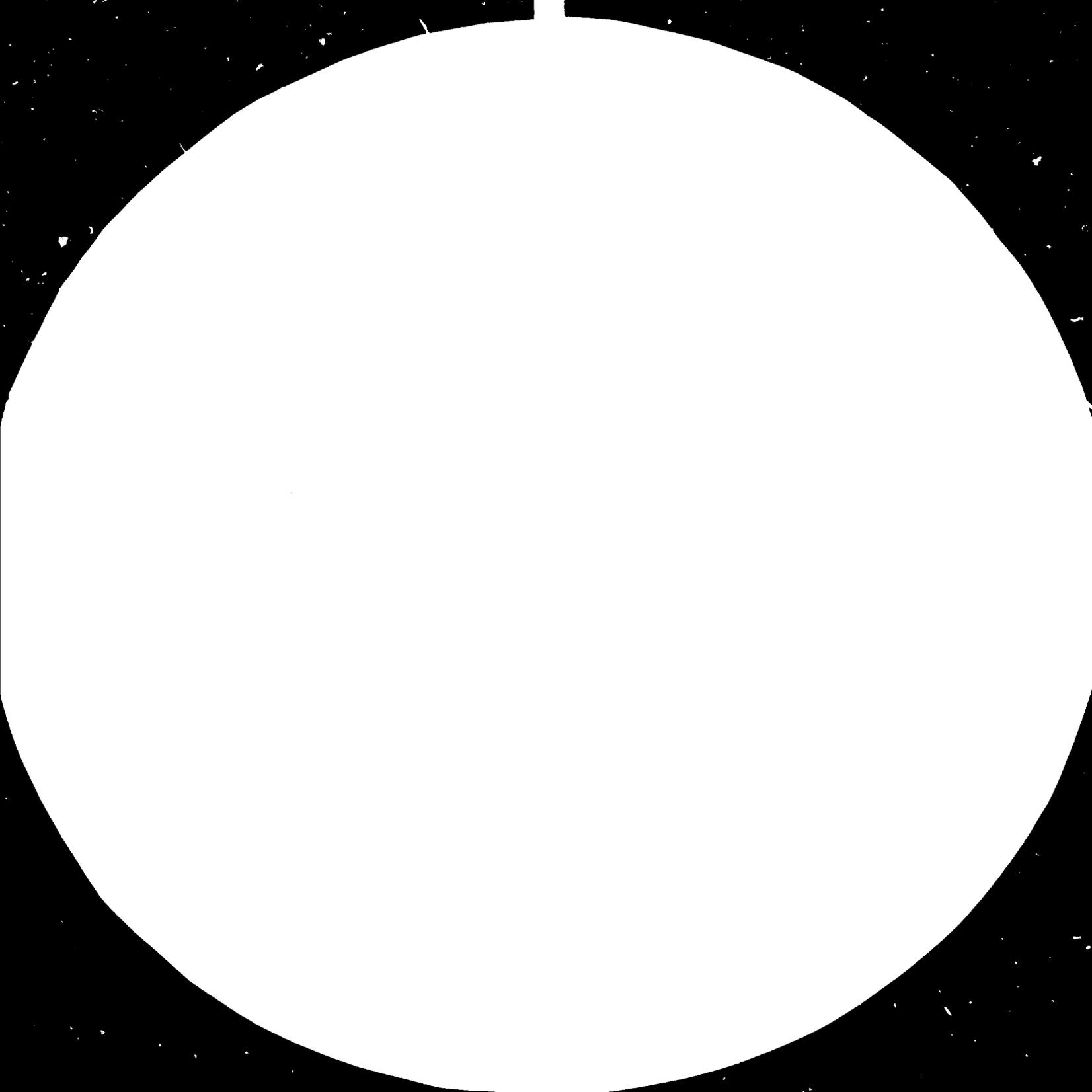
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





1.0 28

25



1.1



2.2



1.4



2.0



1.8

Microcopy Resolution Test Chart, 1963, Form 100  
Copyright © 1963 by National Bureau of Standards  
National Institute of Standards and Technology  
U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE



KHD HUMBOLDT WEDAG AG

14242-F  
(1 of 2)

ETUDE PRELIMINAIRE  
DES GISEMENTS DE FER  
A SAY  
REPUBLIQUE DU NIGER

PROJET ONUDI DP/RAF/79/067

RAPPORT FINAL  
préparé par  
KHD HUMBOLDT WEDAG AG

Cologne, mars 1984



Etude Préliminaire des Gisements de fer  
a Say République du Niger

		Page
A.1	Résumé	A 1
A.2	Introduction et objectifs	A 5
A.2.1	Objet de l'étude	A 5
A.2.2	Travaux antérieurs	A 5
A.2.3	Commande et réalisation de l'étude	A 7
A.2.4	Planning de la réalisation	A 8
A.3	Ampleur et calendrier des travaux prospection	A 11
A.3.1	Géologie	A 11
A.3.1.1	Choix des régions d'investigation	A 11
A.3.1.2	Conditions d'affleurement et cartographie géologique	A 13
A.3.1.3	Tranchées	A 13
A.3.1.4	Travaux de sondage	A 15
A.3.1.5	Prélèvement et préparations d'échantillons	A 18
A.3.2	Analyse chimique	A 19
A.3.3	Minéralogie et essais de préparation minérale	A 20
A.3.4	Essais de bouletage et essais sidérurgiques	A 21



B.C.D.	Résultats et examens des essais	B 1
B.	Géology	B 1
B.1	Situation géographique, infrastructure, morphologie	B 1
B.1.1	Région de Doguel Kaina - Say	B 1
B.1.2	Région de Kolo	B 3
B.1.3	Région de Dyabou	B 4
B.2	Anciennes études et résultats	B 4
B.3	Stratigraphie et description des différentes couches et leur répartition régionale	B 7
B.4	Résultats de la campagne de fouilles et de sondages	B 12
B.4.1	Petrographie et minéralogie	B 12
B.4.2	Géochimie et teneurs en minerai	B 20
B.4.2.1	Répartition verticale géochimique	B 21
B.4.2.2	Distribution géochimique régionale	B 24
B.4.3	Puissances des horizons de minerai et du recouvrement	B 28
B.4.3.1	Gisement de Doguel Kaina	B 28
B.4.3.2	Gisement de Kolo	B 31
B.5	Etendu, structure et tectonique des gisements de fer de Doguel Kaina et Kolo	B 32
B.6	Conclusions et interprétations au sujet de la genèse	B 33
B.7	Réserves de minerai dans les gisements de Doguel Kaina et Kolo	B 36
B.7.1	Limites et subdivision des gisements de Doguel Kaina et de Kolo	B 36
B.7.2	Réserves de minerais de fer	B 38
B.8	La région entre Say et le fleuve Goroubi et le plateau de Dyabou	B 40



C.	Essais minéralurgiques	C 1
C.1	But des essais	C 1
C.2	Matiere a examiner	C 1
C.3	Réalisation des essais	C 1
C.3.1	Homogénéisation des échantillons	C 1
C.3.2	Réalisation d'essais d'orientation	C 1
C.3.3	Réalisation des essais minéralurgiques	C 2
C.3.3.1	Essais de fractionnement	C 2
C.3.3.2	Essais d'attrition	C 4
C.3.3.3	Essais de séparation par liqueurs denses	C 4
C.3.3.4	Essais de séparation par bac laveur	C 4
C.3.3.5	Essais de traitement par séparation magnétique humide a haute intensite	C 4
C.4	Résultats des essais	C 5
C.4.1	Essais d'orientations	C 5
C.4.1.1	Examens minéralogiques des minerais tout-venant	C 5
C.4.1.1.1	Examen microscopique	C 6
C.4.1.1.2	Examens par microsonde et diffractometrie X	C 8
C.4.1.2	Escamens chimiques et physiques	C 18
C.4.2.	Essais minéralurgiques	C 19
C.4.2.1	Enrichissement par classement du tout-venent	C 21
C.4.2.1.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 21
C.4.2.1.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 22



C.4.2.2	Enrichissement par fractionnement et classement consécutif	C 23
C.4.2.2.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 24
C.4.2.2.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 24
C.4.2.3	Enrichissement par fractionnement, attrition et classement	C 25
C.4.2.3.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 26
C.4.2.3.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 26
C.4.2.4	Enrichissement par traitement en liqueurs denses	C 27
C.4.2.4.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 28
C.4.2.4.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 28
C.4.2.5	Enrichissement sur bac de lavage	C 29
C.4.2.6	Enrichissement par séparation magnétique humide à haute intensité	C 30
C.4.2.6.1	Fraction granulométrique 0,5 à 0 mm	C 30
C.4.2.6.2	Minerai tout-venant broyé à 0,1 - 0 mm	C 32
C.4.2.6.3	Mélange de minerai broyé des échantillons 1 et 2 (0,1 - 0 mm)	C 33
C.4.2.6.4	Minerai tout-venant broyé et deschlammé (0,1 - 0,02 mm)	C 34
C.4.2.6.5	Produit de mélange des échantillons 1 et 2 broyé et deschlammé (0,1 - 0,02 mm)	C 35
C.5	Appréciation des résultats d'essais	C 35
C 5.1	Appauvrissement en phosphore	C 35
C.5.2	Concentration du minerai de fer	C 36
C.5.2.1	Enrichissement	C 36
C.5.2.2	Rendement	C 38



C.5.3	Conclusions tirées des essais minéralurgiques au point de vue technologique	C 38
C.6	Conception d'une exploitation industrielle du gisement de minerai de fer	C 39
C.6.1	Lavabilité du minerai de chaque horizon horizons	C 39
C.6.2	Détermination d'un flow-sheet de traitement du minerai de fer de Say	C 40
C.7	Confection de concentrés pour les essais sidérurgiques	C 41
C.7.1	Réalisation des essais	C 41
C.7.2	Résultats	C 43
C.7.2.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 43
C.7.2.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 43



D.	Métallurgie	D 1
D.1	Essais de bouletage	D 1
D.2	Essais de bouletage	D 2
D.2.1	Matières premières et leur préparation	D 2
D.2.2	Production de boulettes vertes	D 3
D.2.3	Production de boulettes cuites	D 5
D.2.4	Contrôle de la qualité des boulettes cuites	D 9
D.3	Essais métallurgiques	D 16
D.3.1	Comportement métallurgique des boulettes de minerai de fer du Niger, l'agent réducteur étant un gaz	D 16
D.3.1.1	Résultats de l'essai RMC et commentaires	D 17
D.3.1.2	Résultats de l'essai DRDS et commentaires	D 19
D.3.2	Comportement métallurgique de boulettes de minerai de fer du Niger, l'agent réducteur étant un solide (charbon)	D 21
D.3.2.1	Résultats des essais de réduction avec un agent réducteur solide et commentaires	D 22
D.3.3	Réduction-fusion des boulettes de minerai de fer du Niger	D 24
D.3.3.1	Essais de réduction, de ramollissement et de fusion	D 26
D.3.3.2	Résultats de l'essai reas et commentaires	D 27
D.4	Conclusions sur les essais de bouletage et les essais métallurgiques	D 30
D.4.1	Essai de bouletage	D 30
D.4.2	Essais de réduction	D 31
D.4.2.1	Réduction avec un agent réducteur gazeux	D 31



D.4.2.2	Réduction avec un agent réducteur solide	D 32
D.4.2.3	Réduction-fusion	D 32
D.5	Présentation de procédés de transformation pouvant entrer en ligne de compte	D 33
D.5.1	Généralités	D 33
D.5.2	Procédés d'élaboration du fer qui se prêtent à l'application dans la république du Niger	D 35
D.5.3	Le phosphore dans les boulettes de mineral de fer; SA tenue pendant les opérations sidérurgiques	D 39
D.5.4	Possibilités de dephosphoration de la fonte brute ou éponge de fer lors de l'affinage en acier	D 39



E.	Conclusions et perspectives d'utilisation des minerais de fer de Say dans la république du Niger	E 1
E.1	Besoin de fer et d'acier du Nigeria, de la république du Niger et des pays voisins	E 1
E.2	Possibilités d'utilisation des minerais de fer de Say au Nigeria et en république du Niger	E 3
E.2.1	Exportation des minerais	E 3
E.2.2	Utilisation et affinage des minerais au Niger	E 4
E.3	Demande, réserves et exploitation des minerais de fer	E 5
E.3.1	Demande de minerai de fer	E 5
E.3.2	Région de réserve	E 5
E.3.3	Exploitation	E 6
E.4	Installations du traitement	E 7
E.5	Conception d'une mini-usine sidérurgique dans la république du Niger	E 8



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Partie A

Résumé



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Etude Préliminaire des Gisements de fer  
a Say République du Niger

		Page
A.1	Résumé	A 1
A.2	Introduction et objectifs	A 5
A.2.1	Objet de l'étude	A 5
A.2.2	Travaux antérieurs	A 5
A.2.3	Commande et réalisation de l'étude	A 7
A.2.4	Planning de la réalisation	A 8
A.3	Ampleur et calendrier des travaux prospection	A 11
A.3.1	Géologie	A 11
A.3.1.1	Choix des régions d'investigation	A 11
A.3.1.2	Conditions d'affleurement et cartographie géologique	A 13
A.3.1.3	Tranchées	A 13
A.3.1.4	Travaux de sondage	A 15
A.3.1.5	Prélèvement et préparations d'échantillons	A 18
A.3.2	Analyse chimique	A 19
A.3.3	Minéralogie et essais de préparation minérale	A 20
A.3.4	Essais de bouletage et essais sidérurgiques	A 21



A.1. RESUME

Les gisements de minerai de fer au Sud-Est de Niamey qui se trouvent dans les Plateaux de Doguel Kaina - Say et dans le Plateau de Kolo présentent généralement une structure verticale comprenant:

- un horizon supérieur avec des oolithes indurées ferrugineuses.
- une intercalation avec des sables et des argiles contenant des oolithes
- un horizon inférieur avec des oolithes tendres ferrugineuses

dont les puissances, les réserves et les teneurs sont les suivantes:

	Oolithes Indurées dans la région de Doguel Kaina		Intercalations dans la région de Doguel Kaina		Oolithes Tendres dans la région de Doguel Kaina	
		Kolo		Kolo		Kolo
Puissance moyenne m	2.53	2.22	1.13	1.06	2.90	2.00
Fe <sub>total</sub> %	50.45	46.10	32.96	23.93	45.49	43.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	1.73	1.66	1.14	0.91	2.07	2.37
SiO <sub>2</sub> %	8.32	14.98	35.44	46.84	13.54	13.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	4.34	4.64	5.83	8.21	5.89	7.33
Reserves de minerai en M t	390.2	94.7	134.8	41.2	483.7	71.2

La puissance totale moyenne de l'horizon minéralisé est donc de 6,56 m dans la région de Doguel Kaina et de 5,28 m dans la région de Kolo.



Les réserves totales dans la région de Doguel Kaina s'élèvent à 1.008,7 millions de t d'une teneur moyenne en Fe de 45,73 %. En admettant dans l'intercalation argilo-sableuse une teneur limite en Fe de 35 %, on obtient des réserves totales de 936,7 millions de t possédant une teneur moyenne en Fe de 47,44 %.

Les réserves totales dans la région de Kolo s'élèvent à 207,1 millions de t et possèdent une teneur en fer de 40,84 %. Pour une teneur limite en Fe de 35 % dans l'intercalation, les réserves totales s'élèvent à 173,2 millions de t et possèdent une teneur moyenne en Fe de 44,67 %.

Dans la plus grande partie du gisement, les horizons de minerai de fer sont recouverts d'argiles et de grès de la formation Continental Terminal ainsi que de dunes de sable. La puissance de la couverture va de 0 à 25 m.

Dans une aire de 3,4 km<sup>2</sup> près de Doguel Kaina, la couverture manque entièrement ou bien sa puissance est inférieure à 10 m. Les réserves dans cette région sont les suivantes:

oolithes indurées: 20,1 millions de t avec des teneurs en Fe de 50,35 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,55 % pour une puissance moyenne de 2,22 m

intercalation: 7,4 millions de t avec des teneurs en Fe de 29,17 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0,83 % pour une puissance moyenne de 0,82 m

oolithes tendres: 22,9 millions de t avec des teneurs en Fe de 44,17 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,92 % pour une puissance moyenne de 2,54 m.

Cette région est intéressante car elle pourrait, en raison de la couverture relativement faible de roches stériles et des relations favorables Fe: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans les oolithes indurées, être retenue en priorité pour une exploitation économique du minerai de fer.



La structure minéralogique du minerai de fer présente des oolithes et des pisolithes ferrugineux, d'une grosseur de grains allant essentiellement de 0,5 à 5 mm, qui sont entourés d'une pâte comprenant de la kaolinite, du quartz et un faible pourcentage de fragments très fins d'oolithes.

Les oolithes et pisolithes sont formés de coquilles concentriques de goethite ( $\alpha$  - FeOOH) dont les noyaux sont des fragments d'oolithes.

Du phosphore en tant que minéral indépendant n'a pas pu être constaté mais on peut supposer qu'il est présent dans les oolithes selon une répartition régulière très fine et combiné par adsorption à la goethite.

Ceci signifie que même pour une réduction à l'échelle du  $\mu$ m, il n'est pas possible de libérer séparément les composantes du phosphore.

Du point de vue minéralurgique cela signifie qu'une concentration de Fe avec réduction simultanée du phosphore n'est pas possible par voie mécanique.

Il est, certes, possible d'obtenir un concentré de Fe d'une teneur supérieure de 3 à 4 points à la teneur en minerai du tout-venant, soit d'environ 54 % de Fe, contenant toutefois aussi env. 2 % de  $P_2O_5$  et encore 4 à 8 % de  $SiO_2$  et 3 à 5 % de  $Al_2O_3$ .

Pour obtenir un tel concentré, il a été mis au point, à partir des essais, un procédé de traitement prévoyant un broyage du minerai de fer extrait d'une mine à ciel ouvert à une fraction inférieure à 3 mm avec criblage à 0,5 - 3 mm.

Cette fraction granulométrique, correspondant approximativement à la taille naturelle des oolithes, est soumise à un lavage d'attrition en vue de libérer les particules d'argile.

Un concentré de minerai ainsi produit, utilisé pour des essais sidérurgiques, a donné avec les échantillons tirés des



oolithes indurées: 53,7 % Fe; 2,15 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  
3,31 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4,25 % SiO<sub>2</sub>;

oolithes tendres: 49,34 % Fe; 2,37 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  
4,9 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8,29 % SiO<sub>2</sub>;

A partir d'un concentré composé d'oolithes indurées et d'oolithes tendres et après broyage du minerai à la finesse requise pour la mise en boulettes (1.850 cm<sup>2</sup>/g Blaine), des boulettes vertes, additionnées de bentonite et de farine de calcaire, ont été produites. Leur résistance avant et après séchage était suffisante. Les boulettes cuites correspondantes présentaient des valeurs optimales en ce qui concerne leur résistance en tambour, l'abrasion et la résistance à la compression à froid. Mais la teneur en fer de ces boulettes cuites ne s'élève qu'à 57,1 %, leur teneur en P étant de 1,1 %. Etant donné la forte proportion de quartz dans le tout-venant ainsi que dans le concentré, il n'a pas été possible de produire des boulettes basiques d'une basicité de 0,8 malgré l'addition de calcaire.

A l'occasion des essais de réduction directe avec un agent réducteur gazeux, une vitesse de réduction et un degré de métallisation acceptables ainsi qu'une bonne résistance à la compression à froid des boulettes réduites ont pu être atteints.

Les essais de réduction au charbon de composition comparable à celle du charbon de la République du Niger ont donné une résistance à la compression à froid et une résistance à la désintégration suffisantes, mais un degré de métallisation insuffisant (max. 73 %).

Lors de tous les essais de réduction directe, le phosphore est resté dans les boulettes réduites ou l'éponge de fer ou a connu un enrichissement relatif. Le phosphore ne pourra donc être éliminé qu'à l'occasion de la transformation en fonte ou acier par un réglage correspondant du laitier.



A.2 INTRODUCTION ET OBJECTIFS

A.2.1 OBJET DE L'ETUDE

Sur le territoire de la République du Niger, on connaît depuis longtemps, dans diverses régions du pays, des gisements de minerais de fer exploités dans un modeste cadre artisanal pour la production de fer.

Ces minerais de fer sont des horizons d'oolithes ferrugineuses, déposés comme partie de la formation Continental Terminal du miocène comme sédiments du bassin d'Iullemeden.

On rencontre ces minerais de fer oolithiques au Niger dans le 'Massif Termit', dans le Dallol Maouri (Dogondoutchi), à l'Adar Douthi (Tahoua) et dans la vallée du Niger moyen (entre Niamey et Say et près de Kolo) en affleurements superficiels à grandes surfaces (voir Fig. A 1 et A 2, page A 11 et A 12

Notamment les gisements de minerai de fer du Niger moyen ont suscité depuis longtemps l'intérêt géologique et économique en raison de leur bonne accessibilité et de leur localisation avantageuse à une distance de seulement 40 km de la capitale Niamey; ils ont fait l'objet de diverses campagnes de reconnaissance.

A.2.2 TRAVAUX ANTERIEURS

Déjà au cours des années 1930 à 1943, de premières études géologiques ont été réalisées, études qui ont été étendues et approfondies par d'autres travaux entre 1948 et 1957. Dans le cadre d'une étude systématique du B.R.G.M. et de l'O.C.R.S. il a été procédé de 1960 à 1962, par R. BOURNAT, D. BELPAUME et J. BOULANGER à une évaluation de la qualité et des réserves du gisement d'oolithes ferrugineuses du Niger moyen au sud-est de Niamey. L'IRSID aurait procédé en 1961 à des essais minéralurgiques et sidérurgiques de concentration du fer, dont les résultats ne sont toutefois pas connus.



En 1977, ONUDI a chargé les experts M.E. COHEN et W.J. RIDDEL, d'effectuer des réflexions et des propositions technico - économiques pour l'utilisation des gisements de fer de Say en République du Niger. Ils constatèrent dans les conclusions à leurs rapports

- que les réserves de quelques centaines de millions de tonnes ne présentent en moyenne que de très faibles teneurs en Fe, soit 42 à 49 %, avec simultanément des teneurs relativement élevées en  $P_2O_5$  de plus de 1,0 %,
- qu'à l'aide de procédés minéralurgiques ou sidérurgiques il était possible d'obtenir un enrichissement à plus de 55 %,
- qu'en cas de disponibilité de coke ou de fuel oil dans la région de Niamey, il serait possible d'exploiter une aciérie Martin, dont la capacité devait toutefois être d'au moins quelques millions de tonnes pour être rentable,
- que pour une exportation des minerais de Say au Nigéria ou vers les autres pays voisins, les voies de transport manquaient et les distances étaient trop grandes, si bien que les frais de transport par tonne de minerai seraient à eux seuls supérieurs aux prix des minerais proprement dit des hautes qualités en provenance du Brésil et du Libéria par exemple.

Ils ont demandé d'autres investigations et essais préliminaires, notamment en matière de géologie et de traitement du minerai, en vue d'élaborer les paramètres géologiques et techniques, susceptibles de former la base d'une étude de faisabilité détaillée pour l'utilisation des gisements de minerai de fer de Say.

Compte tenu et à l'appui des recommandations de ces rapports de COHEN et de RIDDELL, le Conseil des Ministres de la Commission Mixte Nigéro-Nigériane de Coopération décida en 1978 qu'une étude préliminaire détaillée devait être réalisée.



A.2.3 COMMANDE ET REALISATION DE L'ETUDE

L'appel d'offres pour cette étude a été lancé en février 1981 par l'ONUDI sous la référence de projet n° DP/RAF/79/067 sous le titre "Etude préliminaire des gisements de fer à Say, République du Niger".

Elle comprenait les principaux objectifs de travail suivants:

- la détermination quantitative et qualitative des ressources de minerai de fer économiquement exploitables
- l'évaluation technico-économique des caractéristiques de traitement du minerai y compris récupération correspondante de minerai de fer et qualité des concentrés
- l'évaluation technico-économique des caractéristiques de bouletage des concentrés et de réduction directe des boulettes.

Le cahier des charges exigeait pour cela que les travaux de sondage et de tranchées, tout comme les travaux d'analyses chimiques soient réalisés par du personnel et des équipements locaux de la Direction des Mines du Niger.

Le contractant était chargé de l'étude, de la réalisation, de la surveillance et de l'évaluation du programme d'investigation géologique et du contrôle des analyses chimiques dans l'aire de projet.

Les essais de traitement et sidérurgiques devaient être faits dans les laboratoires de recherche du pays du contractant.

La durée de réalisation prévue pour l'étude préliminaire était de trois ans.

En date du 10.06.1981, l'ONUDI passa par télex à KHD Humboldt Wedag AG l'ordre de réalisation de l'étude conformément au programme détaillé d'investigation proposé par KHD.



A.2.4 PLANNING DE LA REALISATION

Après le briefing du chef de projet de KHD Humboldt-Wedag AG auprès de l'ONUDI à Vienne le 02.07.1981, les travaux préparatoires en vue du commencement des travaux sur le site en République du Niger ont immédiatement été entrepris.

Au cours d'un premier voyage du chef de projet, de l'expert chimiste et du géologue du projet à Niamey, du 21.09. au 08.10.1981, des préparatifs ont été faits et des entretiens menés avec le partenaire nigérien sur les travaux et équipements requis.

Les travaux géologiques sur le terrain y compris les travaux de sondage et de prospection ont duré du 02.11.1981 au 31.08.1983 exigeant le séjour du géologue de projet sur place pendant une durée de 14,6 mois.

L'expert chimiste, qui ne devait, à l'origine, surveiller que sporadiquement les travaux d'analyses chimiques dans les laboratoires du partenaire nigérien, a finalement dû réaliser en majeure partie seul les travaux d'analyse, car un personnel qualifié n'était pas disponible au Niger. La durée de séjour totale de l'expert chimiste, en plusieurs périodes, au Niger s'est élevée à 16 mois.

Au cours de la réalisation des travaux, le chef de projet a séjourné quatre fois, soit au total durant trois mois, sur le site en vue d'assister à la mise au point de questions d'organisation et contractuelles et aux séances du comité technique.

Un grand échantillon pour des essais techniques n'a pu être confectionné et expédié qu'après achèvement des travaux de sondage et de prospection. Seulement après réception de celui-ci, début juin 1983, au laboratoire de Cologne, il a été possible d'entreprendre les essais minéralurgiques et sidérurgiques, c'est-à-dire avec un retard de 5 mois sur le planning prévu.

Les essais minéralurgiques et la confection de 1,5 t de concentré ont duré jusqu'en décembre 1983.

Les essais sidérurgiques pour le bouletage et la réduction directe ont été effectués entre mi-octobre et mi-décembre 1983 chez le sous-traitant, la STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG à Othfresen.

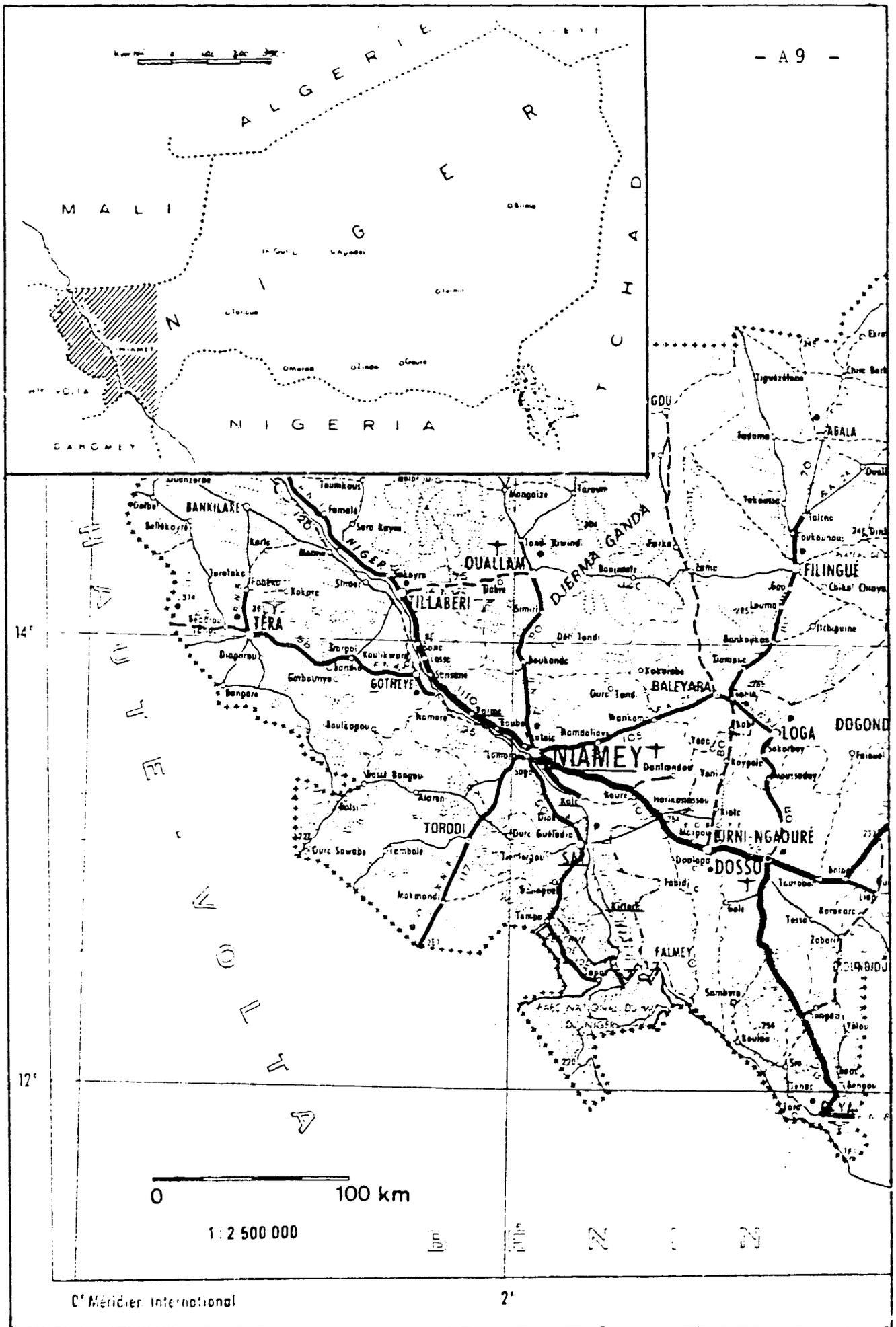


Fig. A 1: Carte de la partie occidentale de la République du Niger

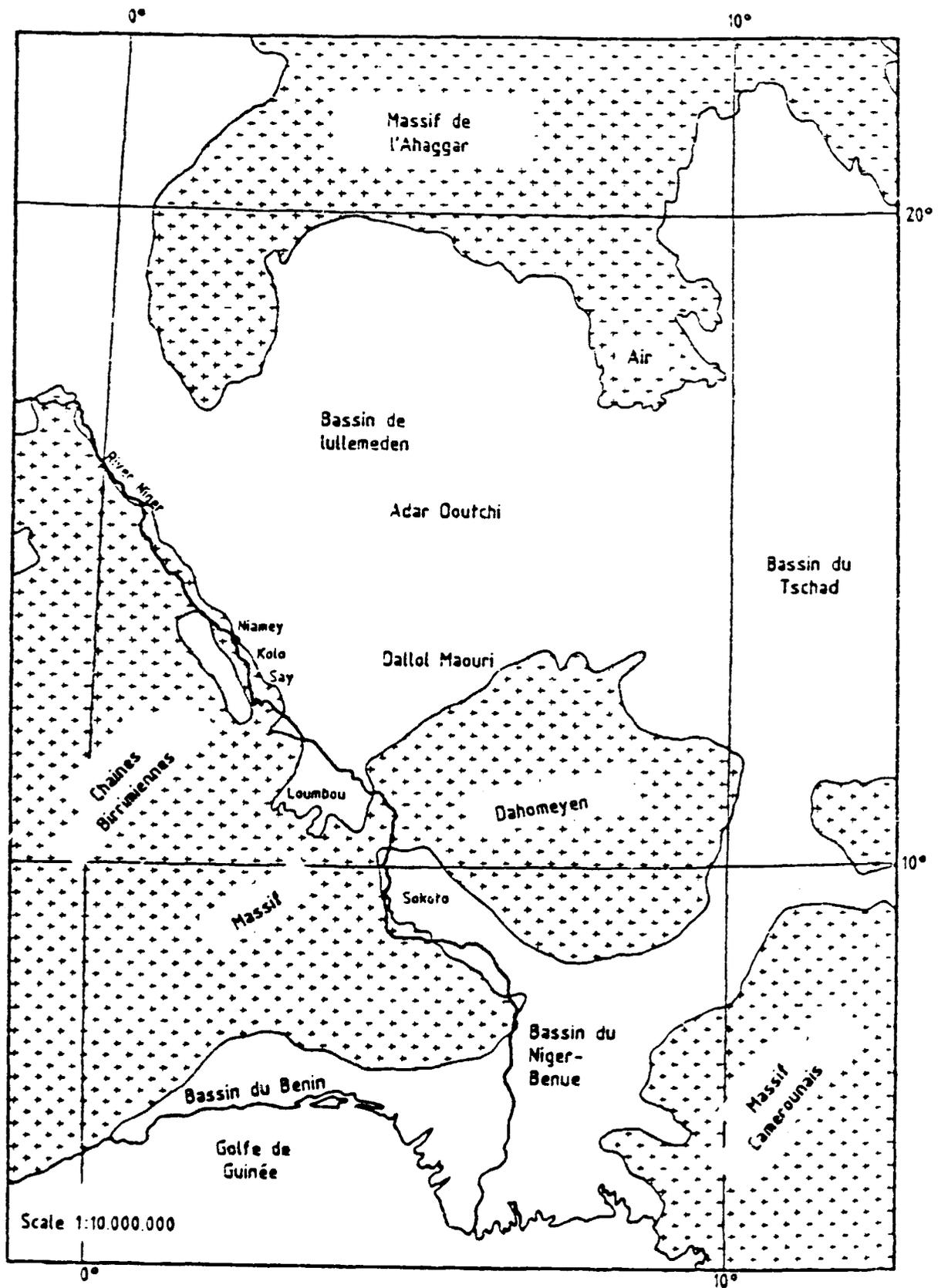


Fig. A-2: Situation des Massifs et des Bassins



A.3 AMPLEUR ET CALENDRIER DES TRAVAUX DE PROSPECTION

A.3.1 GEOLOGIE

A.3.1.1 CHOIX DES REGIONS D'INVESTIGATION

Sur la base des recherches bibliographiques, de l'évaluation d'anciens rapports et d'inspections initiales du terrain, il a été dégagé les principaux centres d'intérêt qui devraient, conformément au cahier des charges, porter sur les régions possédant une faible teneur en phosphore.

Les puissances de minerai relevées à l'affleurement du corps minéralisé, la qualité du minerai et les dimensions du gisement mesurées lors des prospections préliminaires ont permis de conclure que le Plateau de Doguel Kaina - Say devait être étudié en priorité (fig. A 3).

Le Plateau de Kolo a été retenu comme région de deuxième priorité. Les puissances de minerai relevées dans ce plateau sont bien plus faibles que celles relevées dans la région du Plateau de Doguel Kaina - Say. La documentation et les prospections préliminaires permettaient également de supposer que le gisement de Kolo est moins étendu que le gisement de Doguel Kaina. Par contre, les puissances possibles du recouvrement stérile dans la région de Kolo étaient moins fortes que sur le gisement de Doguel Kaina.

En comparaison avec les deux Plateaux de Doguel Kaina - Say et de Kolo, le Plateau de Dyabou semblait être moins important de sorte que l'ampleur des travaux de prospection et le temps nécessaire à cet effet seront plus modestes.

Au cours de la prospection, les terrains avoisinants aux régions susmentionnées ont été en outre examinés en ce qui concerne leur potentiel en minerai de fer.

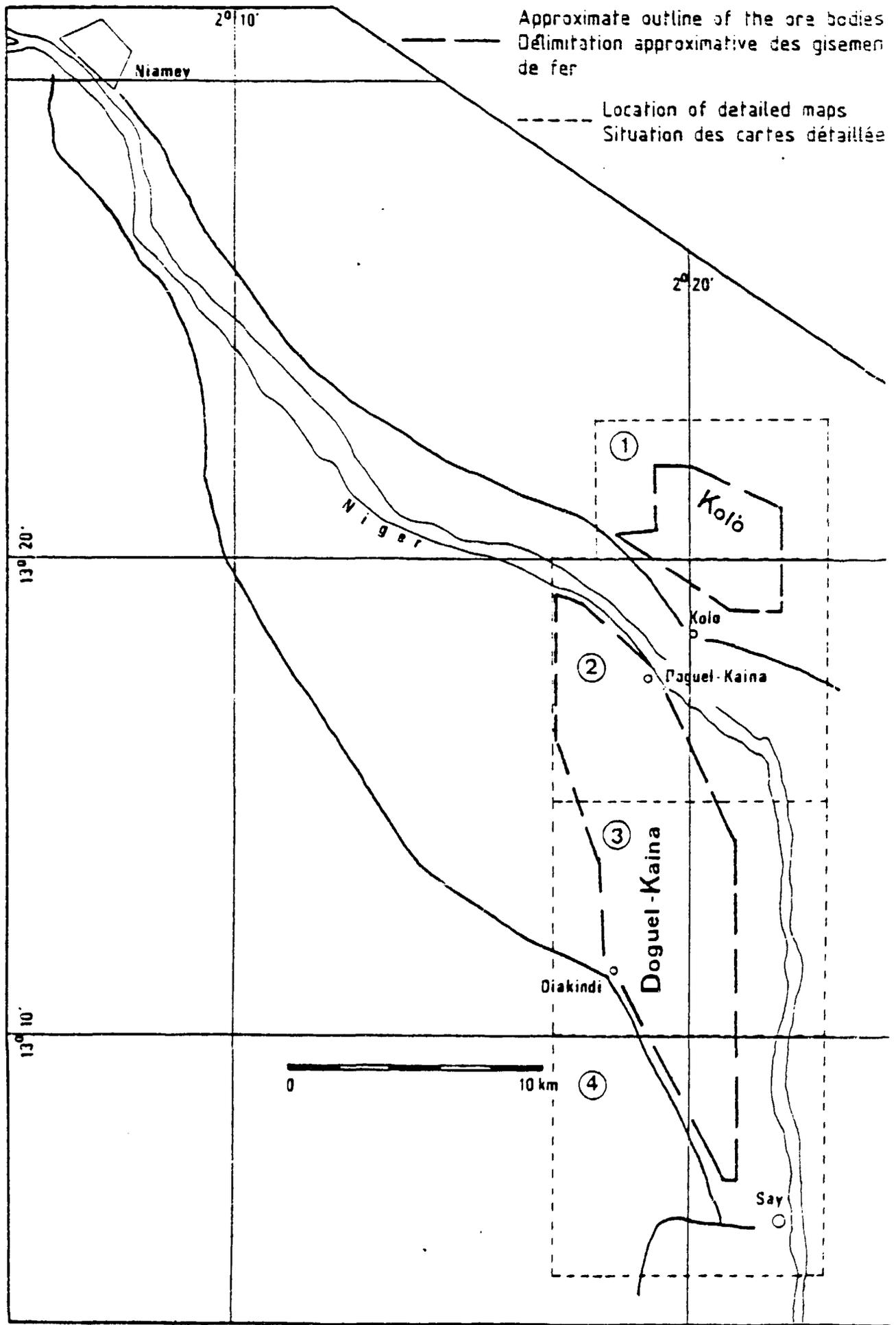


Fig.A-3: Location and approximate outline of the Kolo and Dougel Kaina ore bodies  
Situation et délimitation approximative des gisements de fer de Kolo et Dougel Kaina

### A.3.1.2 CONDITIONS D'AFFLEUREMENT ET CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE

Les corps minéralisés à étudier constituent la base de série de sédiments à peu près horizontale de la formation Continental Terminal. Ils affleurent uniquement sur les bords de la vallée du Niger, aux escarpements. Ces escarpements sont les seuls affleurements naturels dans la région des plateaux. L'affleurement dans le terrain a été relevé sur une carte géologique à l'aide de photos aériennes. Les corps minéralisés à l'intérieur des plateaux se trouvent sous une couverture de sédiments plus ou moins épais et ils ont pu être découverts uniquement par des sondages ou des puits isolés.

### A.3.1.3 TRANCHEES

Le long des escarpements, les minerais de fer ont été déblayés par des tranchées de prospection jusqu'à constatation de leur puissance totale (fig. A-4).

Les tranchées ont été réalisées par trois ou quatre personnes qui ont travaillé uniquement avec des pioches, des ciseaux et des pelles. Des travaux à l'explosif n'étaient pas nécessaires. La réalisation d'une tranchée a nécessité en moyenne deux à trois semaines. Une à cinq équipes ont travaillé à la réalisation des tranchées.

Les tranchées ont été exécutées essentiellement en tant que tranchées par rainure et parfois en tant que puits de prospection et elles atteignent une profondeur de 3 à 10 m au maximum; la profondeur moyenne des tranchées est de 5 m. La stabilité des tranchées était dans l'ensemble bonne.

Des eaux souterraines ont été rencontrées dans quatre tranchées dans la région de prospection de Doguel Kaina (PDK 17, 29, 30 et 31).

Les tranchées de la région Doguel Kaina ont été désignées par PDK (Puits Doguel Kaina), celles de la région Kolc par PK (Puits Kdo) et celles de la région Dyabou par PSD (Puits Say Dyabou).

Les tranchées ont été creusées tout d'abord tous les kilomètres et par la suite tous les 500 m.



Fig. A-4: Excavation d'une tranchée

Les travaux de prospection sur le gisement de Doguel Kaina ont commencé à la mi-novembre 1981 et ils ont duré jusqu'à la fin juin 1982. Au total, 51 tranchées (PDK) y ont été creusées avec une profondeur totale de 397,50 m. Dans la région entre Say et Dyabou (PSD), six tranchées ont été réalisées avec une profondeur totale de 22,70 m entre mai et juin 1982. Sur le gisement de Kolo, cinq tranchées (PK) ont été creusées avec une profondeur totale de 27,60 m entre novembre et décembre 1982.

#### A.3.1.4 TRAVAUX DE SONDAGE

##### Grille de sondage

Les points de forage dans la région de Doguel Kaina ont été marqués à l'aide de la boussole et du mètre-ruban ainsi que de la longueur du pas. Après exécution des travaux de sondage, les coordonnées et l'altitude des points de sondage ou des tranchées ont été relevés par le Service Topographique du Niger. Pour éviter de déterminer sur le terrain les coordonnées - opération qui nécessite beaucoup de temps -, il a été réalisé dans la région de sondage de Kolo, à partir d'un point fixe du terrain, une grille orthogonale orientée vers le nord géographique à l'aide du théodolite et du mètre-ruban de sorte que seule la hauteur des points de sondage devait être mesurée. Ces travaux ont été exécutés par KHD Humboldt Wedag.

La distance entre les rangées de sondage réalisés dans la direction Nord/Sud ou Nord-Quest/Sud-Est sur le gisement de Doguel Kaina est de 750 m et la distance de sondage sur les rangées de sondage est de 1,0 à 1,5 km (annexe B-4). Les points de sondage sur les profils de sondage sont déplacés, par rapport à la rangée de sondages parallèle, de 500 ou de 750 m dans la direction Nord-Sud.

Avec le même nombre de sondages, on a pu ainsi obtenir une meilleure répartition statistique sur la surface d'exploration.

Sur le gisement de Kolo, la distance entre les rangées de sondage est également de 750 m et la distance entre les sondages sur les rangées de sondage est de 1.000 m. Les sondages dans les rangées de sondage sont ici également déplacés de 500 m par rapport à la prochaine rangée de sondages dans la direction Nord-Sud.

##### Rendement de forage

Une machine à sondage BBS et une machine à sondage Long Year 38 de l'ONAREM avaient été mises à disposition pour les travaux de sondage. Deux équipes ont travaillé six heures par jour sur les machines et au total sept jours par semaine. Les travaux de forage ont été souvent interrompus par suite d'un manque de pièces de rechange et d'un rationnement de carburant vers la fin de la campagne de sondage.

Le rendement moyen de forage pour les sondages avec une récupération de carottes suffisante était, pour la première partie de la campagne de sondage de janvier à mai 1982, de 1,22 m/équipe et machine (soit 4,88 m/jour). La récupération a pu être augmentée, pendant la deuxième partie de la campagne de novembre 1982 à mars 1983, à 1,96 m/équipe et machine (soit 7,84 m/jour).

Au total, il a été effectué 104 sondages d'une profondeur totale de sondage de 2495,80 m dont à

Doguel Kaina	70 sondages de	2 038,60 m
Kolo	28 sondages de	330,55 m
Dyabou	6 sondages de	126,65 m

Il a été exécuté uniquement des carottages d'un diamètre HQ (= 96 mm). La récupération moyenne des carottes était au cours de la première partie de la campagne de sondage de l'ordre de 74,60 % et il a pu être amélioré au cours de la deuxième partie de la campagne où elle a atteint 78,53 %.

#### Méthode de sondage

Lors des travaux de sondage, il a pu être constaté très rapidement que les récupérations de carottes n'étaient pas du tout satisfaisantes avec la méthode traditionnelle de carottier à câble. Ils étaient, dans l'horizon supérieur dur, de 10 % à maxi 30 % et, dans les deux horizons inférieurs, de 0 % à 5 %. Lors des sondages de répétition devenus ainsi nécessaires (voir aussi la liste des sondages exécutés), les passes de carottage ont été tout d'abord réduites de 3,05 m à 0,60 m de longueur par passe permettant une première amélioration des récupération des carottes qui n'étaient cependant toujours pas satisfaisantes. Comme méthode optimale de sondage pour le minerai très difficile à forer par suite de son durcissement très variable, il a été mis au point la méthode suivante:

- 1) Méthode conventionnelle de carottier à câble avec passes de 3,05 m (=longueur du tube carottier) dans les couches stériles de recouvrement au-dessus du corps minéralisé jusqu'à une certaine profondeur, déterminée par le géologue sur la base des connaissances du gisement, de 1 - 2 m environ au-dessus de l'horizon supérieur de minerai.

Lors des sondages de répétition, les couches de recouvrement ont été sondées selon la méthode Rotary.

- 2) Méthode conventionnelle de carottier à câble avec passes de 0,30 m. Les passes courtes ont garanti, même dans le cas de faibles récupérations de carottes de seulement 33 % = 0,10 m, d'une part une détermination exacte de la position stratigraphique à 0,30 m et, d'autre part, les carottes de seulement 0,10 m extraites dans le minerai ont pu également être retenues pour un échantillonnage représentatif, étant entendu que leur position stratigraphique était connue, car les teneurs en Fe sont très constantes dans la direction verticale de l'horizon supérieur.

Pour les sondages selon la méthode de carottier à câble, il a été utilisé une couronne à diamant pour laquelle le courant d'eau n'entre pas en contact, comme d'habitude, avec la carotte par l'intermédiaire de rainures ayant la forme de canaux mais est dirigé à l'extérieur permettant ainsi d'éviter que les sédiments assez tendres soient balayés.

- 3) Dans le cas de pertes de carottes dans l'horizon supérieur minéralisé ainsi que dans les deux horizons minéralisés, inférieurs tendres et non-consolidés, on a eu recours à la méthode de sondage par carottage-fonçage. A cet effet, il a été utilisé un tube creux en tant que tube carottier sur lequel était vissée une couronne durcie qui présentait le profil d'un couteau creux. En tant que marteau, il était employé une masse tombante de 100 kg qui pouvait être montée ou descendue à l'extérieur sur la tige de sondage. Par le fonçage de la tige, les sédiments tendres des couches inférieures étaient comprimés dans le tube carottier et pouvaient être ainsi extraits et retirés. Cette méthode a permis d'obtenir des récupérations de carottes de 90 % en moyenne.

#### A.3.1.5 PRELEVEMENT ET PREPARATIONS D'ECHANTILLONS

Des échantillons pris par rainure ou des échantillons de carotte ont été prélevés du minerai de fer récupéré par tranchées et par sondages. La longueur des sections échantillonnées a dépendu de la lithologie du minerai.

347 échantillons ont été prélevés en tout de tranchées dont

311 provenaient des tranchées de Doguel Kaina - Say  
17 provenaient des tranchées de Kolo et  
19 provenaient des tranches de Say-Dyabou.

439 échantillons ont été prélevés en tout des sondages dont

338 provenaient des sondages de Doguel Kaina - Say  
92 provenaient des sondages de Kolo et  
9 provenaient des sondages de Dyabou.

15 échantillons à main ont été prélevés d'autres affleurements. Il en résulte un nombre total d'échantillons de 801.

Dans le cadre de la préparation des échantillons, ceux-ci ont été, si nécessaire, préconçassés avec le concasseur à mâchoires et, après quartage broyés à la finesse d'analyse avec un broyeur vibrant à disque.

Le prélèvement et la préparation d'échantillons ont été effectués simultanément aux travaux de sondage et de tranchées.

Un grand échantillon d'un poids total de 13 t a été réalisé en tant qu'échantillon moyen à partir de matières provenant de tranchées et de carottes et il a été envoyé en Allemagne par bateau pour l'exécution d'essais de préparation et d'essais métallurgiques. A cet effet, des échantillons séparés ont été fournis pour chacun des trois types de minerai (oolithes indurées, intercalation et oolithes tendres).

### A.3.2 ANALYSE CHIMIQUE

Chacun des 801 échantillons a fait l'objet d'une analyse quantitative portant sur 8 éléments. Fe tot., SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont les composants principaux qui ont été analysés comme suit:

Fe tot.	selon le procédé dichromatique
SiO <sub>2</sub>	selon le procédé acide perchloratique
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	photométriquement
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	tout d'abord avec la spectroscopie par absorption atomique, ensuite gravimétriquement par suite de l'inexactitude du spectroscope.

TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO et MnO sont des composants secondaires qui ont été analysés selon les procédés suivants:

TiO <sub>2</sub>	photométrique
CaO	tout d'abord avec la spectroscopie par absorption atomique, ensuite titrimétrique avec MgO par suite de l'inexactitude du spectroscope
MgO	tout d'abord avec la spectroscopie par absorption atomique, ensuite titrimétrique avec CaO par suite de l'inexactitude du spectroscope
MnO	avec la spectroscopie par absorption atomique.

En outre, il a été déterminé l'humidité totale à 500°C qui correspondait, après séchage à l'air des échantillons dans le climat aride du Niger, dans une large mesure à l'eau d'hydratation de l'hydroxyde ferrique ainsi que la perte au feu à 1.000 °C.

Pour vérifier les résultats obtenus aux analyses, 21 échantillons sélectionnés ont été soumis à des analyses complètes de contrôle ainsi qu'à 71 analyses portant sur certains éléments.

Cela donne un nombre total de 822 analyses complètes. Les analyses chimiques systématiques du minerai de fer ont été entreprises le 28.01.1982 et elles ont été achevées en novembre (décembre) 1983.

Les résultats des analyses sont consignés en détail à l'annexe B-2.1 à B-2.43.

### A.3.3 MINERALOGIE ET ESSAIS DE PREPARATION MINERALE

En juin 1983, le Centre de Recherche et de Développement de KHD à Cologne a reçu 13 t de matières destinées à des essais qui étaient emballées séparément selon les deux types de minerais (oolithes indurées et oolithes tendres).

Les travaux d'étude et d'essais ont été entrepris dès l'arrivée des échantillons et ils ont pu être terminés en décembre 1983.

L'objectif principal consistait à abaisser la teneur en phosphore et à augmenter la teneur en fer du minerai.

A cet effet, différents essais ont été effectués pour le traitement minéralurgique des échantillons:

- Enrichissement par classification
- Enrichissement par fractionnement sélectif et classification
- Enrichissement par fractionnement sélectif, attrition et classification
- Enrichissement par liquide dense
- Enrichissement par séparateur magnétique humide de haute intensité.

Après avoir testé dans le cadre des travaux d'essais une méthode appropriée de traitement, deux concentrés d'enrichissement pour essais sidérurgiques (bouletage) ont été produits en régime continu.



#### A.3.4 ESSAIS DE BOULETAGE ET ESSAIS SIDERURGIQUES

Pour les essais sidérurgiques qui ont commencé à la mi-octobre 1983, un concentré de mélange a été réalisé à partir des deux concentrés de minerai et il a été procédé à une analyse chimique du concentré de mélange.

Le concentré de mélange a été séché et broyé fin avant d'être utilisé pour la fabrication de boulettes vertes et il a été mélangé à cet effet à différents produits d'addition.

Après examen des propriétés physiques des boulettes vertes ainsi obtenues, telles que teneur en humidité, indice de chute, résistance des boulettes vertes et résistance après séchage, les boulettes vertes sont cuites à 1300 °C environ dans un appareil de cuisson appelé "Pot-grate".

Les propriétés des boulettes cuites ont été ensuite déterminées, à savoir analyse granulométrique, résistance en tambour ISO, porosité et résistance à la compression à froid.

La tenue des boulettes cuites pendant la réduction et la fusion a été examinée en utilisant du gaz et du charbon en tant qu'agents de réduction. Des essais portant sur le comportement de ramollissement et de fusion des boulettes ont été également effectués et évalués.

Tous ces essais ont été achevés mi-décembre 1983.



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Partie B

Géology



B.C.D.	Résultats et examens des essais	B 1
B.	Géology	B 1
B.1	Situation géographique, infrastructure, morphologie	B 1
B.1.1	Région de Doguel Kaina - Say	B 1
B.1.2	Région de Kolo	B 3
B.1.3	Région de Dyabou	B 4
B.2	Anciennes études et résultats	B 4
B.3	Stratigraphie et description des différentes couches et leur répartition régionale	B 7
B.4	Résultats de la campagne de fouilles et de sondages	B 12
B.4.1	Petrographie et minéralogie	B 12
B.4.2	Géochimie et teneurs en minerai	B 20
B.4.2.1	Répartition verticale géochimique	B 21
B.4.2.2	Distribution géochimique régionale	B 24
B.4.3	Puissances des horizons de minerai et du recouvrement	B 28
B.4.3.1	Gisement de Doguel Kaina	B 28
B.4.3.2	Gisement de Kolo	B 31
B.5	Etendu, structure et tectonique des gisements de fer de Doguel Kaina et Kolo	B 32
B.6	Conclusions et interprétations au sujet de la genèse	B 33
B.7	Réserves de minerai dans les gisements de Doguel Kaina et Kolo	B 36
B.7.1	Limites et subdivision des gisements de Doguel Kaina et de Kolo	B 36
B.7.2	Réserves de minerais de fer	B 38
B.8	La région entre Say et le fleuve Goroubi et le plateau de Dyabou	B 40



B.C.D. RESULTATS ET EXAMENS DES ESSAIS

Les examens objet de la présente étude ont porté sur les trois domaines, à savoir Géologie, Minéralurgie et Métallurgie des minerais de fer. Les résultats des examens sont présentés dans les parties B., C. et D.

B. GEOLOGIE

B.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE, INFRASTRUCTURE, MORPHOLOGIE

Les examens des minerais de fer oolithiques du point de vue géologique et gîtologique ont été effectués sur les régions de gisement de Doguel Kaina - Say, Kolo et Dyabou (fig. A-3 et annexes B-5 à B-11).\*

B.1.1 REGION DE DOGUEL KAINA - SAY

Le gisement de minerai de fer de Doguel Kaina - Say se trouve à environ 50 km au Sud-Est de Niamey, sur le côté droit du fleuve Niger. Pour atteindre ce gisement, il faut compter 40 à 50 minutes en voiture sur la route qui n'est actuellement pas encore asphaltée entre Niamey et Say (RN 27). Le gisement s'étend entre le fleuve Niger et la RN 27 et il est bien accessible par trois pistes en direction de Doguel Kaina, Tokey et Ganki Bassarou. La région objet de l'étude s'étend sur une longueur de 24 km dans la direction Nord-Sud et sa largeur maximale dans la direction Est-Ouest est de 5,6 km. La surface totale du terrain prospecté est de 100 km<sup>2</sup> environ.

\*Conformément au Cahier des charges, les sondages et les résultats géologiques devaient être représentés sur les cartes à l'échelle 1:10.000. Etant donné que seules des cartes topographiques à l'échelle 1:50.000 étaient disponibles pour la région prospectée, celles-ci ont dû être agrandies par les cartographes nigériens à l'échelle 1:10.000. KHD Humboldt Wedag AG a reçu des copies des calques de ces agrandissements qui ne permettaient que des reproductions de mauvaise qualité.

Les coordonnées de la délimitation du terrain prospecté sont les suivantes:

13° 19' 18'' N / 2° 16' 57'' E	NO de Kohan Garanké
13° 18' 54'' N / 2° 17' 52'' E	de Kohan Garanké
13° 14' 23'' N / 2° 20' 49'' E	NE de Warkéré
13° 07' 00'' N / 2° 20' 49'' E	NO de Say
13° 11' 32'' N / 2° 18' 15'' E	Diakindi
13° 18' 09'' N / 2° 16' 31'' E	

Du point de vue morphologique, le terrain prospecté représente un plateau plat, le Plateau de Doguel Kaina - Say. L'altitude moyenne au-dessus de N va de 175 m dans la vallée du Niger à 220 m sur le Plateau. Le point le plus élevé du point de vue morphologique du terrain prospecté se trouve à environ 4 km à l'ouest de Doguel Kaina où il atteint 230 m environ au-dessus de N. Le plateau est interrompu par une vallée tribulaire d'un affluent du Niger qui a fait son lit à une altitude de 190 à 200 m au-dessus de N. La vallée en question à un tracé ONO-ESE.

A l'est ou au Nord-Est, le Plateau de Doguel Kaina - Say est limité par le seuil naturel d'érosion du fleuve Niger qui forme ici un escarpement de 1 à 10 m de hauteur. Le corps minéralisé affleure également à ce seuil. La vallée du Niger, dont la largeur peut atteindre 3 km, se trouve à une altitude de 175 à 180 m au-dessus de N.

Sur le terrain du gisement, se trouvent six grands villages qui sont habités en permanence ainsi que de nombreux petits hameaux qui ne sont habités que temporairement ou dont l'emplacement varie selon les besoins.

La végétation originelle de brousse ou savane a fait l'objet d'un défrichage et le plateau est utilisé pour l'agriculture (mil) et l'exploitation extensive des pâturages.

En plus des pistes vers les villages, il existe de nombreux petits chemins et sentiers qui permettent d'accéder facilement au gisement.

B.1.2 REGION DE KOLO

Le gisement de minerai de fer de Kolo se trouve à 20-25 km au Sud-Est de Niamey, sur le côté Est à gauche du fleuve. Kolo se trouve à 20-25 min en voiture de Niamey (route asphaltée). Le terrain prospecté par la réalisation de sondages et tranchées a une longueur de 7,0 km dans la direction Nord-Ouest/Sud-Est et une largeur maximale de 3,5 km dans la direction Nord-Est/Sud-Ouest et ses coordonnées sont les suivantes:

13° 20' 16'' N / 2° 18' 32'' E  
13° 21' 53'' N / 2° 19' 48'' E  
13° 19' 58'' N / 2° 21' 54'' E  
13° 18' 52'' N / 2° 21' 54'' E

La surface du terrain prospecté dans la région du gisement de Kolo est de 18 km<sup>2</sup> environ.

Du point de vue morphologique, la région de Kolo est un plateau plat d'une altitude moyenne au-dessus de N de 185 m à l'escarpement au Sud-Ouest et de 200 m au Nord-Est et Sud-Est du terrain prospecté. La continuation Nord-Ouest est à une altitude de 190-200 m. A environ 3 km à l'Est de Kolo s'élève une petite montagne tabulaire d'une surface d'environ 0,5 km<sup>2</sup> et d'une altitude maximale de 205 m au-dessus de N qui surplombe la région avoisinante d'une altitude de 190 m. Dans la partie Sud-Est du gisement se trouve une vallée morte qui évacue l'eau de cette partie vers la vallée du Niger pendant la période des pluies.

La plus grande localité dans cette région de prospection est le centre agricole de Kolo. Sur le Plateau de Kolo, il existe dans la région du gisement uniquement des petits hameaux et pas de grands villages habités en permanence. Comme sur le Plateau de Doguel Kaina, il est pratiqué sur le Plateau de Kolo des cultures pluviales, notamment mil, et l'exploitation extensive des pâturages. Le long du fleuve Niger, il existe près de Kolo de grandes rizières. De petits chemins et sentiers ainsi que la morphologie plate rendent la région de prospection bien accessible.

### B.1.3 REGION DE DYABOU

La troisième région de prospection, le Plateau de Dyabou, est située entre les fleuves Goroubi et Dyamongou coulant dans la direction Est-Ouest et se trouve à environ 80 km ou 2 heures en voiture au Sud-Sud-Est de Niamey (annexe B-4.2). Cette région de prospection peut être atteinte par la RN 27 de Niamey via Say et continuant en direction de Tapoa. Une route secondaire bifurque à environ 3-4 km au Sud du pont traversant le Goroubi en direction de l'Est et menant à la seule grande localité de Dyabou qui se trouve à une distance de 8-10 km.

A la différence des autres parties de gisements susmentionnés de Doguel Kaina - Say et Kolo, le Plateau de Dyabou n'est pas encore utilisé de façon intensive pour l'agriculture et il est, du point de vue logistique, plus difficilement accessible par suite de la végétation initiale dense (buissons et arbustes).

Le Plateau de Dyabou a une surface de 180 - 200 km<sup>2</sup> dont 70 km<sup>2</sup> environ font l'objet des études.

Il est délimité par les coordonnées suivantes:

12° 53' 41'' N / 2° 16' 07'' E  
12° 53' 55'' N / 2° 22' 00'' E  
12° 46' 40'' N / 2° 15' 46'' E  
12° 48' 25'' N / 2° 25' 26'' E

A partir d'une altitude de 240 à 250 m dans sa partie Ouest, le Plateau de Dyabou tombe morphologiquement vers l'Est jusqu'au bord de l'escarpement du fleuve Niger à une altitude de 200 m au-dessus de N. Le Niger, quant à lui, coule à un niveau de 173 à 174 m au-dessus de N.

### B.2 ANCIENNES ETUDES ET RESULTATS

Les minerais de fer sédimentaires oolithiques qui affleurent le long de la vallée moyenne du Niger sont connus depuis les années 30 et ont déjà fait plusieurs fois l'objet d'études géologiques et géologiques.

Ils furent tout d'abord mentionnés par N. REFORMATSKY (1930-32) (voir Bibliographie). A. CHERMETTE (1938) décrit les minerais de fer en tant qu'oolithes ferrugineuses limonitiques qui sont intercalées entre l'argile compact et le "grès de base" de la formation Continental Terminal. J. GREIGERT et H. FAURE ont prospecté entre 1948 et 1957 notamment les deux bassins intracratoniques, le bassin Iullemeden et le bassin Tschad et ont constaté, dans le cadre de leurs travaux, d'énormes surfaces de sédiments ferrugineux à la base de la formation Continental Terminal.

En 1960, le B.R.G.M. a effectué, à la demande du gouvernement du Niger, dans la vallée moyenne du Niger, entre Karma et Kirtachi (voir fig. A-1) des travaux de prospection d'ensemble. Dans le cadre de ces travaux, les Plateaux de Doguel Kaina - Say, de Kolo et de Dyabou ont été retenus comme objectifs pour les études ultérieures et ce en raison de la qualité du minerai et de la puissance des couches de minerai.

Ces régions ont fait à nouveau l'objet de prospections au cours des années 1961/62 par le B.R.G.M. Ces prospections étaient cependant modestes et comprenaient essentiellement des tranchées de recherche et des levés géologiques ainsi que des échantillonnages des puits existants. Pour des raisons techniques, on était lié à des parties de gisement dont la couverture de déblais était de faible puissance et la prospection a ainsi porté essentiellement sur l'affleurement ferrugineux dans les régions de Doguel Kaina - Say et Dyabou. Une plus petite superficie immédiatement au Nord de Doguel-Kaina a été explorée en détail en réalisant 15 puits car les puissances du recouvrement y sont très faibles. Dans la partie restante du gisement, les puits réalisés par le B.R.G.M. étaient espacés de 1 à 8 km. Comme autre référence pour l'évaluation des réserves de minerai de fer, il a été utilisé le levé géologique et l'échantillonnage de 19 puits qui se trouvent à l'Ouest de l'affleurement ferrugineux à l'intérieur du Plateau de Doguel Kaina - Say.

Le Plateau de Dyabou a été prospecté au moyen de 17 puits.

Le gisement de minerai de fer sur le Plateau de Kolo se trouve presque entièrement sous un recouvrement de moins de 5 m et cette région a été prospectée au moyen de 9 puits repartis sur une grande superficie.

Les rapports disponibles du B.R.G.M. mentionnent les réserves suivantes:

Plateau de Doguel Kaina - Say

Réserves sûres: 16,5 millions de t d'une teneur en Fe moyenne de 48,8 % et des teneurs en  $P_2O_5$  de 0,7 à 3,5 % (pour la région prospectée en détail immédiatement au Nord de Doguel Kaina)

Réserves possibles: 152 millions de t d'une teneur en Fe moyenne de 48,8 % et des teneurs en  $P_2O_5$  de 0,7 à 3,5 %

Réserves géologiques: 420 millions de t d'une teneur en Fe moyenne de 48,8 % et des teneurs en  $P_2O_5$  de 0,7 à 3,5 %

Plateau de Dyabou:

Réserves géologiques: 180 millions de t d'une teneur en Fe moyenne de 49,5 % et des teneurs en  $P_2O_5$  de 0,7 à 3,5 %

Plateau de Kolo:

Réserves sûres: 80 millions de t d'une teneur en Fe moyenne de 42,3 % et des teneurs en  $P_2O_5$  de 0,7 à 3,5 %.

B.3 STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUCHES  
ET LEUR REPARTITION REGIONALE

Les roches les plus anciennes se trouvant sous la formation ferrifère dans la région des trois gisements de minerai de fer remontent selon MACHENS (1964) au birrimien précambrien (fig. B-1).

Il s'agit essentiellement de granites à grains moyens à gros. On rencontre en outre des phyllites et des micaschistes contenant en partie des granats. Des horizons de schistes graphiteux ont été également constatés dans ces micaschistes. Il existe également des affleurements de quartzite et des conglomérats quartzeux isolés dont on peut admettre qu'ils peuvent correspondre du point de vue stratigraphique au grès Volta (eocambrien).

Le socle cristallin affleure dans les vallées où, selon les saisons, coulent des eaux ayant un effet érosif.

Ces roches du socle, notamment les roches feldspathiques, ont été soumises à une profonde altération kaolinitique à partir de la partie supérieure du terrain. Les roches kaolinitiques atteignent sous les couches ferrifères, notamment dans les dépressions paléomorphiques, par endroits des puissances de 10 m. Il s'agit en partie de kaolinite in situ. A certains endroits, le kaolinite semble cependant avoir subi une altération secondaire.

Après une lacune stratigraphique de plusieurs centaines de millions d'années, du début du cambrien jusqu'au tertiaire paléogène, les sédiments continentaux de la formation Continental Terminal, qui remontent au miocène (tertiaire néogène), reposent de manière discordante sur le socle ancien. Du point de vue paléogéographique, les sédiments de la formation Continentale Terminale, y compris des gisements de fer, se trouvent dans la partie Ouest du bassin Iullemeden intracratonique qui s'étend sur de grandes surfaces de l'Ouest de la République du Niger et du Nord-Ouest du Nigeria. Dans la partie la plus profonde du bassin Iullemeden, asymétrique dans sa section, des puissances de sédiments de plus de 3 000 m ont été relevées. Dans la région prospectée au Sud-Est de Niamey, la puissance maximale est de 50 m.

Au-dessus du socle kaolinisé, les sédiments de la formation Continental Terminal ont commencé par une couche de transition argilo-sableuse d'une puissance de 0,01 à 1,0 m. C'est là que l'on rencontre déjà une teneur de fer sous forme d'oolithes et de pisolithes isolés qui augmente progressivement et constitue le gisement de minerai de fer exploitable.

L'ensemble de l'horizon du minerai de fer se compose généralement de trois gîtes qui sont distincts du point de vue de leur composition chimique et minéralogique, de leur granulométrie et de la dureté de la roche. L'horizon de minerai de fer oolithique pisolitique formant le gisement est composé des oolithes inférieures tendres, d'une intercalation argilo-sableuse et des oolithes supérieures indurées (fig. B-2). Cet horizon est traité en détail au point B.4.

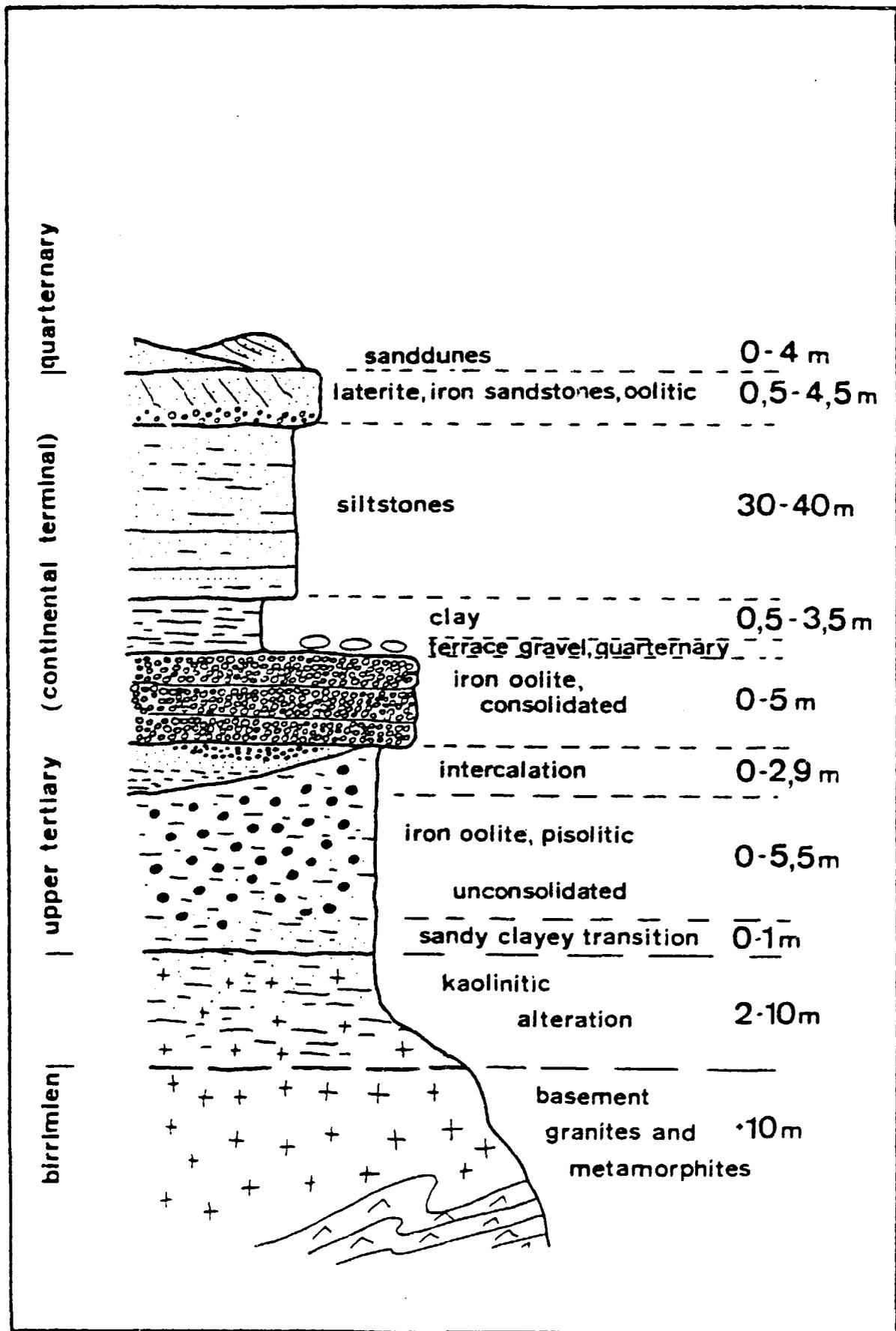


Fig. B 1: Section schématique de la lithostratigraphie des horizons de fer



Fig. B-2: Escarpement près de Tokey: en haut le plateau de Doguel Kaina formé des oolithes indurées; personnes se trouvant sur l'intercalation; en bas oolithes tendres.

L'oolithe supérieure ferrugineuse est recouverte par une couche argileuse d'une puissance de 0,5 à 3,50 m. L'argile est le plus souvent durcie (par humidité variable en fonction des saisons?) et de couleur brun clair. Dans certains sondages et affleurements à l'escarpement, cette argile est de couleur gris clair à rose et elle présente des propriétés plastiques.

Au-dessus de cette dernière couche, se trouvent des couches alternées de silt et de grès fin dont les couleurs vont du rouge-violet au blanc-gris clair en passant par un jaune-brun et dont la puissance va, en fonction du niveau de l'érosion, de 30 à 40 m. Intercalés dans le silt, on rencontre d'autres horizons d'oolithes ferrugineuses d'une puissance jusqu'à 0,30 m (voir tableau stratigraphique, fig. B-1).

Une phase de latéritisation a constitué dans le toit des sédiments de la formation Continental Terminal des grès ferrifères dont la puissance varie fortement selon les régions entre 0,5 et 4,5 m et dans lesquels sont intercalés à la base des horizons d'oolithes ferrugineuses d'une puissance de 0,2 à 1,0 m ainsi que des conglomérats quartzeux. Des solutions ferrifères mobilisées et précipitées une nouvelle fois ont cimenté les grès ferrifères et les oolithes ferrugineuses de sorte que les deux roches sont extrêmement durcies. Les teneurs dans les grès ferrifères sont de 27 % Fe et de 45 % SiO<sub>2</sub> et en moyenne dans les oolithes ferrifères respectivement de 39,85 % Fe et 28,26 % SiO<sub>2</sub>.

Les graviers quaternaires provenant du fleuve Niger sont déposés en forme de terrasses et recouvrent par endroits les sédiments de la formation Continental Terminal à une altitude de 190 - 195 au-dessus de N.

Les graviers comprennent en tant que constituant principal du quartz laiteux bien arrondi d'un diamètre de 1,0 à 7,0 cm ainsi que des galets d'oolithes ferrugineuses et de grès ferrifère souvent mal arrondis d'un diamètre jusqu'à 20 cm. Il est très rare que les galets soient en quartzite ou en roches du socle. Les galets sont enrobés dans du sable siliceux qui est faiblement consolidé par l'hydroxyde de fer.

La dernière phase de la sédimentation sur les plateaux est donnée par de petites dunes de sables fins éoliens sous-récents à récents de faible puissance. La puissance des dunes peut atteindre 4 m.

Dans la région sous-récente à récente inondée par le fleuve Niger, du sable fin et du limon brun foncé humique se sont déposés.

B.4 RESULTS DE LA CAMPAGNE DE FOUILLES ET DE SONDAGESB.4.1 PETROGRAPHIE ET MINERALOGIE

Ce paragraphe traite de la stratigraphie, de la pétrographie et de la minéralogie des trois couches de minerai qui sont valables dans l'essentiel pour les trois gisements de Doguel Kaina - Say, Kolo et Dyabou (fig. B-1).

Au-dessus du socle kaolinisé commence la formation Continental Terminal avec une couche de transition sableuse-argileuse dans laquelle a été constatée la présence d'oolithes et de pisolithes ferrugineux (fig. B-3)



Fig. B-3: Affleurement sur l'escarpement près de Say; au-dessus du socle kaolinisé suivant les oolithes tendres bruns.

Par une augmentation de la teneur en oolithes et pisolithes ferrugineux à 80 % au maximum, les grés argileux deviennent, sans délimitation géologique fixe, des oolithes ferrugineuses pisolithiques tendres ou des pisolithes oolithiques qui sont appelés "oolithes tendres".

(Note: Les oolithes et les pisolithes se distinguent uniquement par leur granulométrie: le diamètre des oolithes ferrugineuses est inférieur à 2 mm, le diamètre des pisolithes est supérieur à 2 mm. Tous les deux sont des corpuscules sphériques à ellipsoïdales, à couches concentriques de goéthite ( $\alpha$ -FeOOH). (fig. B-4 et fig. C-6).

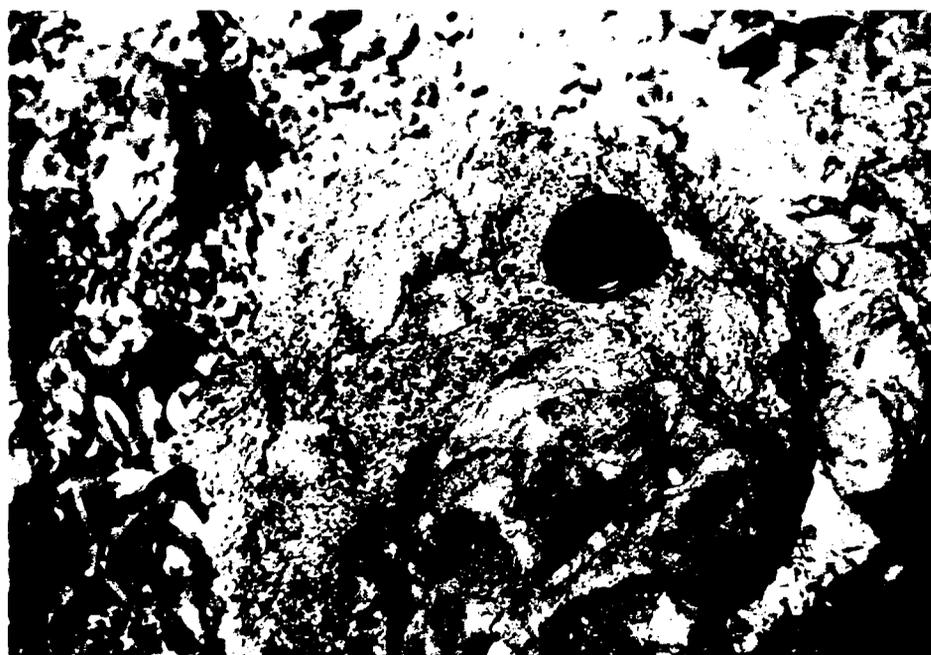


Fig. B-4: Pisolithes à gros grains et oolithes à grains fins

Les oolithes et pisolithes ferrugineux sont entourés d'une matrice en argile jaune-brune silteuse. En tant que composant grossièrement clastique, on rencontre du sable siliceux fin et grossier qui peut atteindre 30 % dans la partie inférieure de la couche et diminue en direction du toit plus ou moins progressivement jusqu'à 2 à 5 % environ.

Par contre, une répartition spécifique du pourcentage des oolithes et des pisolithes ferrugineux ainsi que de la pâte argileuse n'a pas pu être observée dans l'horizon d'oolithes tendres. Le pourcentage estimé des pisolithes varie sur l'ensemble de l'horizon de 5 à 30 %.

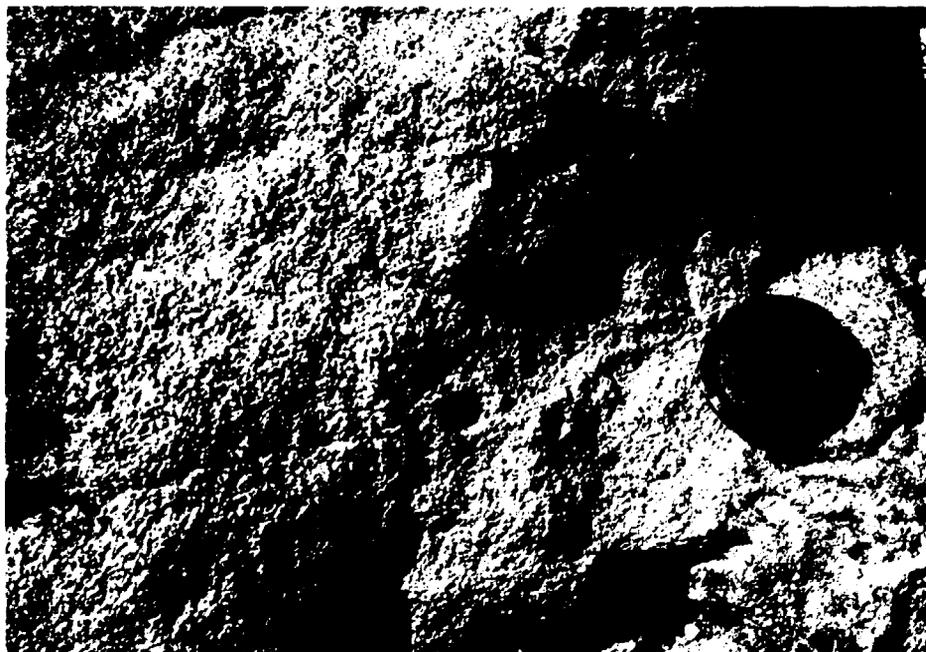


Fig. B-5: Oolithes uniformes dans les oolithes tendres

Dans les tranchées et dans les peu d'affleurements naturels, la roche sédimentaire est non-stratifiée. La couleur de la roche est gris moyen-brun. Les oolithes tendres présentent des puissances de 0 à 5,5 m.

Dans de grandes parties des trois gisements, les oolithes tendres sont recouvertes par une couche finement structurée latéralement et en partie aussi verticalement qui indique une forte différenciation parfois temporaire de l'espace de sédimentation et des conditions de sédimentation.

Dans cette couche qui est appelée par la suite "intercalation argilo-sableuse", on peut rencontrer les roches suivantes:

- oolithes ferrugineuses avec des oolithes de 0,5 mm et plus dans un liant argileux-sableux; à ce sujet, il convient de mentionner que l'argile gris clair se manifeste par des stries dans la roche.
- oolithes ferrugineuses contenant beaucoup de sable grossier
- sables grossiers formés de silice non-arrondie
- argiles brun-clair sableuses-silteuses présentant des oolithes isolées.

Au chapitre B.4.3 suivant, il est abordé les puissances variant fortement (0 - 2,90 m) et, conformément au facies, les teneurs variables en fer de l'intercalation argilo-sableuse.



Fig. B-6: Affleurement sur l'escarpement à l'Est de Tokey; oolithes tendres en bas et oolithes indurées en haut, avec mince intercalation au niveau du marteau.

Au-dessus de l'intercalation argilo-sableuse, se trouve une oolithe rouge-brun sombre apparaissant stratifiée dans l'affleurement. En comparaison avec les deux couches de minerai inférieures, cette oolithe est bien plus fortement consolidée et est appelée par la suite "oolithes indurées". Dans certaines parties du gisement, elle constitue en raison de sa dureté la bordure supérieure de l'escarpement de la vallée du Niger. A sa base, on rencontre des galets d'oolithes ferrugineuses déposés isolément (fig. C-5).



Fig. B-7: Escarpement près de Tokey; oolithes indurées bien stratifiées.

La roche se compose à plus de 90 % d'oolithes sphériques à ellipsoïdales de goethite. La plupart des oolithes présentent des fissures radiées qui peuvent être cicatrisées par la suite par de l'hydroxyde de fer. En outre, il existe des fragments d'oolithes qui permettent de penser à une déformation ou à une fragmentation des oolithes dures.

Le mesurage granulométrique en 4 lames minces et analyses au tamis a montré qu'au maximum 38,7 % des oolithes se trouvaient dans la fraction supérieure à 0,5 mm et plus de 62 % dans la fraction de 0,5 à 2,0 mm. Au maximum seuls 2,5 % des grains de fer se trouvaient dans la fraction supérieure à 2,0 mm et peuvent être considérées comme des pisolithes.

Le pourcentage en quartz bien arrondi dans une lame mince a été déterminé au maximum à 7 % et se trouvaient surtout dans la fraction inférieure à 0,63 mm. Dans les autres lames minces examinées, le pourcentage de quartz était respectivement inférieur à 1 %.

Dans les oolithes indurées les pisolithes, oolithes et grains de quartz sont disposés de façon plus serrée que dans les oolithes tendres et ils présentent moins de matrice argileuse.

C'est la raison pour laquelle les vides entre les oolithes donnent à la roche un aspect poreux. Seuls certains vides sont remplis d'argile rouge-brun et jaune-brun. Une analyse minéralogique par diffractométrie X a mis en évidence que l'argile est de la kaolinite.

La forte consolidation des oolithes indurées, qui varie selon les bancs, est due à une agglutination ou à une cimentation par hydroxyde de fer remobilisé par suite de d'un détachement sous la pression des bords extérieurs des oolithes et pisolithes. Les vides entre les oolithes sont parfois remplis de précipitation de goethite.

Le mur d'affleurement est stratifié sous forme de bancs d'une épaisseur de 0,10 à 0,60 m. Les oolithes indurées atteignent dans les différentes parties du gisement des puissances de 5,0 m qui s'amincissent cependant jusqu'à 0 mètre vers les bords du gisement.

Au niveau de l'intercalation argilo-sableuse et également à la partie supérieure des oolithes tendres et à la partie moyenne des oolithes indurées, les roches dans le mur de l'affleurement de l'escarpement présentent des canules et il est admis que la bioturbation est due à l'activité d'insectes ou des racines (fig. B-8).



Fig. B-8: Escarpement près de Warkéré: Canules de fouille d'insectes ou de racines.

En résumé, il peut être donné les renseignements suivants en ce qui concerne la minéralogie et la paragenèse du minéral:

Les oolithes tendres et les oolithes indurées sont un minéral de fer sédimentaire oolithique qui est faiblement ou pas du tout solidifié.

Le minéral principal et le porteur de fer du minéral est la goethite ( $\alpha$ -FeOOH) qui constitue le minéral sous forme d'oolithes et de pisolithes sphériques à ellipsoïdales superposés de manière plus ou moins compacte. Il a été identifié très rarement de l'hématite à grains fins en tant que minéral de fer.

On rencontre de la goethite non seulement dans les oolithes et les pisolithes mais également dans la matrice soit, d'une part, dans la fraction argileuse (répartition fine) soit d'autre part par endroits en tant que ciment sous forme de  $\text{FeOOH}$  remobilisé et précipité à nouveau qui peut cimenter les éléments oolithes.

Comme porteur du phosphore, on avait supposé du phosphate de fer hydroxyde (vivianite).

Une analyse microscopique et une analyse par rayons X n'ont cependant pas permis de constater un minéral de phosphore autonome. Des analyses à la microsonde ont permis de conclure que la plus grande partie du P est liée dans le sédiment à la goethite et que les teneurs en P et Fe sont directement proportionnelles. Phosphore est réparti d'une façon très fine dans les oolithes et n'est pas enrichi dans les différentes couches d'oolithes. La répartition extrêmement fine du P dans les oolithes et l'amorphisme aux rayons X permettent de déduire que P est combiné sous forme d'ions  $\text{PO}_4^{3-}$  par adsorption à la goethite ou qu'il y a eu un échange des ions de l'enveloppe OH par des ions  $\text{PO}_4^{3-}$ .

La gangue du minerai comprend du quartz détritique sous forme de grains de sable arrondis dans la fraction moyenne et grossière et d'autre part sous forme de grains très fins de la grosseur du silt dans la matrice. De l'argile sous forme de minéral de l'argile kaolinitisé représente le constituant le plus important de la matrice. Pour plus de détails, voir le chapitre "Etude minéralogique du minerai de fer oolithique du Niger", chapitre C 4.1.1.

#### B.4.2 GEOCHIMIE ET TENEURS EN MINERAI

Lors du carottage géologique, l'alternance lithologique dans les profils de sondage a déjà pu être mise en évidence et ceci a été confirmé et évalué quantitativement par les analyses chimiques.

**B.4.2.1 REPARTITION VERTICALE GEOCHIMIQUE**

Si l'on considère le développement vertical géochimique dans les trois horizons minéralisés du mur au toit à partir de carottes ou des profils de tranchées, on peut constater d'une façon générale ce qui suit qui est valable pour le gisement de Doguel-Kaina et également pour le gisement de Kolo: (voir annexes B-2.1 à B 2-43 'résultats des analyses' et B-3.1 à B-3.125 'croquis et descriptions des sondages et tranchées):

La couche de transition sableuse entre le socle kaolinisé et le début des oolithes tendres possède une teneur élevée en  $\text{SiO}_2$  de plus de 45 % pour de faibles teneurs en Fe de moins de 25 % et en  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 1 % environ.

Dans les oolithes tendres, il y a entre le mur et le toit un accroissement plus ou moins continu de la teneur en Fe de moins de 25 % à 47 % et parfois jusqu'à 51 % et de la teneur en  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 1 % à 2 %, voire 2,8 % au maximum pour une chute simultanée du  $\text{SiO}_2$  de plus de 45 % à 12 % - 15 %.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ne présente pas de répartitions systématiques dans les oolithes tendres.

Le tableau suivant donne les teneurs moyennes pondérées de tous les échantillons d'oolithes tendres provenant d'une part du gisement de Doguel Kaina et d'autre part du gisement de Kolo et ce pour une puissance moyenne de 2,90 r pour le gisement de Doguel Kaina et de 2,00 m pour le gisement de Kolo:

	Doguel Kaina	Kolo
$\text{Fe}_{\text{tot.}}$	45,49 %	43,64 %
$\text{P}_2\text{O}_5$	2,07 %	2,37 %
$\text{SiO}_2$	13,54 %	13,75 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5,89 %	7,33 %

A ce sujet, il convient de remarquer que, lors de la détermination des teneurs moyennes, une teneur limite de 35 % Fe tot. a été retenue, c'est-à-dire que seuls les échantillons d'oolithes tendres ont été pris en considération pour le calcul dont la teneur en Fe était supérieure à 35 %.

Sur la base des conditions susmentionnées, les oolithes tendres des deux gisements ne présentent que de faibles différences en ce qui concerne la teneur moyenne des éléments principaux. On remarque cependant que la teneur moyenne en  $P_2O_5$  est élevée et la teneur en Fe est plus faible dans le gisement de Kolo en comparaison du gisement de Doguel Kaina

Le modèle géochimique se comporte conformément à la variation régionale hétérogène du faciès de l'intercalation argilo-sableuse, -si existante, en tant qu'oolithe ferrugineuse, sable, argile ou alternance des différents types de roches.

La teneur en  $SiO_2$  de l'intercalation atteint par ex. dans le faciès sableux plus de 60 % pour une teneur en Fe de parfois moins 15 %. Si l'intercalation argilo-sableuse se trouve par contre dans le faciès de l'oolithe ferrugineuse, la teneur en Fe peut atteindre plus de 45 % et la teneur en  $SiO_2$  peut tomber à moins de 20 %.

Pour les teneurs moyennes pondérées provenant de tous les échantillons de l'intercalation argilo-sableuse des gisements de Doguel Kaina et Kolo, voir le tableau suivant:

	Doguel Kaina	Kolo
Fe <sub>tot.</sub>	32,96 %	23,93 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,14 %	0,91 %
SiO <sub>2</sub>	35,44 %	46,84 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,83 %	8,21 %

Les puissances moyennes sont de 1,13 m dans le gisement de Doguel Kaina et de 1,06 m dans le gisement de Kolo.

Une comparaison de la géochimie de l'intercalation argilo-sableuse dans les deux gisements montre une teneur en Fe dans le gisement Doguel Kaina de presque 10 % en moyenne supérieur à celle du gisement de Kolo. La teneur moyenne en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est dans le gisement de Doguel-Kaina d'environ 0,23 % supérieure à celle du gisement de Kolo. De même, les teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont dans le gisement de Kolo supérieures de 2,38 % à celles du gisement de Doguel Kaina.

Par rapport à l'intercalation argilo-sableuse les oolithes indurées superposées sont très homogènes en ce qui concerne la lithologie et la géochimie.

Les teneurs des différents composants dans les deux gisements varient comme suit:

	Doguel Kaina	Kolo
Fe <sub>tot</sub> %	45,0 - 55,0	37,16 - 53,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	2,13 - 2,41	1,21 - 2,19
SiO <sub>2</sub> %	2,88 - 13,87	4,05 - 25,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2,49 - 7,54	1,92 - 7,54

En comparant les teneurs moyennes pondérées des oolithes indurées dans les deux gisements les différences sont les suivantes:

	Doguel Kaina	Kolo
Fe <sub>tot.</sub>	50,45 %	46,10 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,73 %	1,66 %
SiO <sub>2</sub>	8,32 %	14,98 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,34 %	4,64 %

La puissance moyenne des oolithes indurées dans le gisement de Doguel Kaina est de 2,53 m et dans le gisement de Kolo de 2,22 m.

Il en ressort que la teneur moyenne en Fe dans le gisement de Doguel Kaina est de 4,35 % plus élevée que dans le gisement de Kolo dans lequel par contre la teneur en  $\text{SiO}_2$  de 14,98 % est bien plus élevée que dans le gisement Doguel Kaina. Les teneurs en  $\text{P}_2\text{O}_5$  et en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sont analogues dans les deux gisements.

Les teneurs extrêmement faibles en CaO sont caractéristiques pour les trois qualités de minerais des deux gisements ainsi que pour l'ensemble des minerais de fer entre Kolo et le Plateau de Dyabou.

La teneur en CaO et la teneur en MgO ont été déterminées ensemble et il a été déterminé des teneurs moyennes de 0,15 %, avec une valeur maximale de 0,5 % CaO/MgO. Elle provient probablement des feldspaths riches en anorthite dans l'intercalation argilo-sableuse.

En raison des conditions stoechiométriques, on peut exclure que le phosphore soit combiné avec le calcium et qu'il y ait de l'apatite.

Les teneurs en  $\text{TiO}_2$  sont toujours inférieures à 1 % et le plus souvent à 0,5 %. Des dessins 1 % de répartition géochimique spécifique du  $\text{TiO}_2$  n'ont pas été constatés. Ceci est également valable pour le MnO dont les teneurs sont du même ordre de grandeur que celles du  $\text{TiO}_2$ .

#### B.4.2.2 DISTRIBUTION GEOCHIMIQUE REGIONALE

En plus de l'étude de la distribution géochimique verticale, la présente étude a examiné en détail la distribution régionale du Fe et du  $\text{P}_2\text{O}_5$  dans les différentes couches du gisement de Doguel Kaina.

Pour le gisement de Kolo, qui est plus petit et examiné par moins de sondages, il n'était pas possible de reconnaître le dessin de distribution géochimique.

Des cartes ont été réalisées à cet effet au moyen de l'informatique pour le gisement de Doguel Kaina. Celles-ci indiquent la distribution des teneurs moyennes pondérées en Fe et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans les différentes couches, à savoir oolithes tendres, intercalations argilo-sableuses, oolithes indurées, ainsi que celles de l'ensemble de l'horizon minéralisé (annexes B-22 à B-29).

Dans la plus grande partie du gisement de Doguel Kaina, la teneur en Fe dans les oolithes tendres dépasse 45 % et atteint au maximum 51 % (annexe B-22). Dans la partie la plus au Nord de la région prospectée et le long de l'escarpement, la teneur en Fe est inférieure à 45 %. Dans la région de la vallée au Sud de la région prospectée ainsi dans une bande située à une distance de 1 km environ au Nord de cette région, la teneur en Fe est également inférieure à 45 %.

Conformément à la liaison décrite du phosphore aux porteurs de fer dans le minerai, les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont supérieures à 2 % dans les régions où les teneurs en Fe<sub>tot</sub> dépassent 45 %. Les régions où les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont inférieures à 2 % sont à peu près congruentes avec les régions où la teneur en Fe est inférieure à 45 % (annexe B-23).

Conformément à la structure lithologique différenciée de l'intercalation argilo-sableuse, il en résulte un dessin de répartition régional hétérogène de Fe et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (annexe B-25 et B-26). La corrélation entre les teneurs de Fe et de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> peut cependant être également constatée clairement dans l'intercalation argilo-sableuse. Les teneurs absolues en Fe et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont cependant bien plus faibles que dans les oolithes tendres sousjacentes. On peut identifier trois grandes régions au nord, à la partie Ouest centrale et au Sud-Est du gisement dans lesquelles les teneurs en Fe dépassent la teneur limite de 35 %.

De même que les teneurs en Fe, les teneurs en  $P_2O_5$  sont avec 0,2 à 1,6 % nettement inférieures à celles dans les oolithes tendres du mur.

A l'exception de trois régions dans l'escarpement à la partie Est du gisement de Doguel Kaina et d'une plus petite région dans la partie Ouest centrale, les teneurs moyennes pondérées en Fe dans les oolithes indurées dépassent 50 % (annexe B-28). Dans les régions où la teneur en Fe dépasse 50 %, la répartition régionale en Fe est très régulière et la teneur en Fe Y va de 50 à 54 %.

Les teneurs en  $P_2O_5$  sont inférieures à 2 % à l'exception de deux petites régions au niveau de la vallée au Sud-Est du gisement. Dans les deux régions susmentionnées, ces teneurs atteignent 2,2 % ou 2,4 %.

La tendance bien marquée dans les oolithes tendres et dans l'intercalation argilo-sableuse à savoir que la teneur en  $P_2O_5$  augmente également pour des teneurs en Fe plus élevées ne peut pas être observée si nettement dans les oolithes indurées.

Les résultats portant sur la répartition géochimique verticale et régionale des composants dans les minerais de fer se trouvant dans les gisements de Doguel Kaina et Kolo peuvent être résumés comme suit:

1. Les principaux éléments dans les couches de minerai sont: Fe, Si, Al et P; les éléments secondaires sont: Ti, Mn, Ca, Mg.
2. Les teneurs en Fe moyennes les plus élevées se trouvent avec 50, 45 % dans les oolithes indurées du gisement de Doguel Kaina.
3. L'intercalation argilo-sableuse des deux gisements est très hétérogène du point de vue lithologique et donc également géochimique. On rencontre parfois des couches exploitables possédant une teneur en Fe supérieure à 35 % (voir également le chapitre B.4.3 sur la puissance et le chapitre B.7 sur le calcul des réserves). Dans de grandes parties des deux gisements, les teneurs en Fe sont inférieures à 35 % et ce minerai n'est donc pas exploitable.



Les teneurs moyennes pondérées en Fe de l'intercalation argilo-sableuse sont dans le gisement de Doguel Kaina de l'ordre de 32,96 % et elles sont dans le gisement de Kolo de l'ordre de 23,93 %.

4. La teneur en Fe augmente dans les oolithes tendres des deux gisements plus ou moins continuellement du mur vers le toit. La teneur moyenne pondérée calculée à partir de tous les sondages et de toutes les tranchées est de l'ordre de 45,59 % à Doguel Kaina et de l'ordre de 43,64 % à Kolo.
5. Le phosphore est lié aux porteurs de fer et les teneurs maximales moyennes en  $P_2O_5$  sont cependant de 2,07 % dans les oolithes tendres du gisement de Doguel Kaina et de 2,37 % dans le gisement de Kolo.
6. Les teneurs en Ca sont uniquement extrêmement faibles de sorte que, pour des raisons stoechiométriques, il peut être exclu que le phosphore soit lié au Ca sous forme d'apatite ou de phosphorite.
7. Seules des traces de soufre ont été constatées lors des analyses de contrôle.
8. Les teneurs pondérées moyennes en minerais sont pour les différentes couches du gisement de Doguel Kaina et de Kolo les suivantes:

	Oolithes Indurées dans la région de		Intercalations dans la région de		Oolithes Tendres dans la région de	
	Doguel Kaina	Kolo	Doguel Kaina	Kolo	Doguel Kaina	Kolo
Puissance moyenne m	2.53	2.22	1.13	1.06	2.90	2.00
Fe <sub>total</sub> %	50.45	46.10	32.96	23.93	45.49	43.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	1.73	1.66	1.14	0.91	2.07	2.37
SiO <sub>2</sub> %	8.32	14.98	35.44	46.84	13.54	13.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	4.34	4.64	5.83	8.21	5.89	7.33

La teneur moyenne en minerai de tout l'horizon minéralisé est, dans le gisement de Doguel Kaina, de 45,84 % Fe et 1,80 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour une puissance totale de 6,02 m et, dans le gisement de Kolo, de 41,27 % Fe et 1,76 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour une puissance totale de 4,24 m.

Le calcul de la teneur moyenne en minerai est basé sur une teneur limite de Fe de 35 % dans les oolithes tendres et l'intercalation. Ceci ne tient donc pas compte de certains sondages et des régions correspondantes des gisements dont les puissances ne sont pas exploitables. Ceci explique que la puissance totale moyenne dans les deux gisements de Doguel Kaina et Kolo est inférieure à la somme des puissances moyennes des différentes couches.

#### B.4.3 PUISSANCES DES HORIZONS DE MINERAI ET DU RECOUVREMENT

##### B.4.3.1 GISEMENT DE DOGUEL KAINA

###### Oolithes Tendres

La puissance moyenne des oolithes tendres est de 2,90 m et celle-ci sert de valeur de référence pour l'étude suivante de la répartition de la puissance (annexe B-24).

Entre les coordonnées Y 1463000 et 1455000 se trouvent des puissances de couches supérieures à 3 m et celles-ci atteignent dans la partie Ouest du gisement, entre les coordonnées Y 1459000 et 1460000, au maximum 5,5 m. Au nord des coordonnées Y 14630000 à 1468000, la puissance des oolithes tendres va de 2,0 à 3,0 m. La puissance diminue

alors continuellement en direction du nord et les oolithes tendres présentent finalement un amincissement en coin complet. La puissance de la couche diminue également dans la partie la plus méridionale du gisement pour atteindre une épaisseur inférieure à 0,5 m. Les puissances sur l'escarpement diminuent également, entre les coordonnées Y 1463000 et 1465500, pour atteindre une valeur inférieure à 1,5 m.

#### Intercalation argilo-sableuse

Les courbes de puissances d'intercalation sont montrées dans une carte (annexe B-27).

La puissance moyenne d'intercalation argilo-sableuse est de 1,13 m. Il existe une superficie étendue dans laquelle la puissance de l'intercalation argilo-sableuse est supérieure à 1,0 m. Cette superficie est définie par les coordonnées X et Y (national grid) 425000/1461000, 429000/1464500, 423000/1470000 et 427000/1468000. Au Nord-Ouest de cette région, l'intercalation argilo-sableuse présente un amincissement en coin et, vers le Nord-Est, la puissance diminue jusqu'à une valeur inférieure à 1,0 m. La puissance descend également à moins de 1,0 m en direction du Sud et l'intercalation argilo-sableuse présente par endroits un amincissement complet en coin.

Il convient de mentionner que dans la région présentant des puissances supérieures à 1,0 m, l'intercalation se trouve essentiellement dans un faciès argilo-sableux alors qu'elle est constituée d'oolithes ferrugineuses dans la partie plus au Sud de plus faible puissance.

#### Oolithes Indurées

La puissance moyenne des oolithes indurées est de 2,53 m.

Comme les deux couches susmentionnées, les oolithes indurées présentent également un amincissement en coin vers le Nord et leur puissance diminue en direction du Sud. Dans les sondages DK 33, 34, 35 dans la partie Ouest de la région prospectée, les oolithes indurées se divisent en deux ou trois couches de faible puissance. La puissance totale de ces couches ne dépasse pas 1,0 m.

Il existe trois grandes régions dans lesquelles la puissance dépasse 2,5 m et atteint au maximum 5,0 m. Ces trois régions se trouvent:

- 1) entre la coordonnée X 426000 et l'escarpement et les coordonnées Y 1455500 et 1462500,
- 2) en tant que bande de 0,5 à 2,0 km de large située dans la direction Nord-Nord-Ouest/Sud-Sud-Est sur l'escarpement entre les coordonnées Y 1463000 et 1465500 et
- 3) entre les coordonnées 423000 et 426500 et les coordonnées Y 1466500 et 1470500 dans la partie Nord-Est du gisement.

Dans les autres superficies en dehors de ces trois régions, les puissances des oolithes indurées vont de 1,0 à 2,5 m.

#### Horizon de minerai total

La puissance moyenne calculée pour tout l'horizon de minerai, c'est-à-dire la somme des puissances des oolithes tendres, de l'intercalation argilo-sableuse et des oolithes indurées, atteint 6,56 m.

Dans la plus grande partie du gisement, entre les coordonnées Y 1456500 et 1469500, la puissance est supérieure à 6,00 m. Entre les coordonnées Y 1458000, au Nord de la vallée, et 1461500, la puissance de l'horizon total est supérieure à 7,00 m. Ceci est également le cas dans la région située à l'Ouest de la coordonnée X 426000 et de la série de sondages les plus à l'Ouest (DK 33 à 37, 18 et 59) entre les coordonnées Y 1461500 et 1469000. La puissance totale maximale du minerai est de 9,60 m dans le sondage DK 2.

Dans une bande de 6 km de long et de 500 à 700 m environ de large de long de l'escarpement entre les coordonnées Y 1464000 et 1470000, la puissance de tout l'horizon de minerai est inférieure à 6,00 m. De même que les différentes couches, tout l'horizon minéralisé présente un amincissement complet en coin au Nord de la région prospectée et sa puissance devient plus faible au Sud du gisement.

### Recouvrement

Pour l'appréciation d'un gisement dont les matières de valeur devront ou peuvent être exploitées à ciel ouvert, la puissance des stériles de recouvrement est un critère important au même titre que les teneurs en minerai et les puissances des minerais.

Les relations minerai : roches stériles des différentes parties de gisement sont traitées en détail au point B.7.1. Il ne sera donné ici qu'un aperçu des puissances des roches stériles de recouvrement du gisement de Doguel Kaina (annexes B-10 à B-12).

La puissance des roches stériles augmente généralement de l'Est vers l'Ouest, c'est-à-dire avec la distance par rapport à l'escarpement. On peut donc dire que la puissance des roches stériles est nulle à l'escarpement ou la couche de minerai affleure. Une bande de 100 à 2000 m de large à l'Ouest de l'escarpement, dans laquelle on peut distinguer 3 grandes régions (v. également chapitre B.7.1), a une puissance de roches stériles de recouvrement de 0 à 15 m.

La plus grande partie de la couche de minerai se trouve sous une couverture de roches stériles de 15 à 20 m.

Au Nord-Ouest du gisement, la puissance des roches stériles de recouvrement augmente jusqu'à 25 m et même parfois plus.

#### B.4.3.2 GISEMENT DE KOLO

##### Horizon de minerai

Le corps de minerai de Kolo est recouvert, à l'exception de sa partie orientale, par les graviers du Niger déposés en forme de terrasses. C'est-à-dire que le profil géologique initial, tel que décrit au chapitre B.3 et B.4.1, n'existe plus entièrement dans de grandes parties du gisement de Kolo et que celui-ci a été érodé à certains endroits avant la sédimentation des graviers de terrasses. Les oolithes indurées ont subi cette érosion de sorte que des parties importantes du corps de minerai ont été érodées à l'ouest du gisement.

Pour le gisement de Kolo, la répartition de toute la puissance du corps de minerai et la puissance de la couverture de roches stériles ont été représentées sur des graphiques aux annexes B-5 et B-9. En outre, il a été déterminé les puissances moyennes des différents horizons, à savoir oolithes tendres, intercalation argilo-sableuse et oolithes indurées:

Oolithes Indurées:	2,22 m
Intercalation argilo-sableuse:	1,06 m
Oolithes Tendres:	2,00 m

La puissance moyenne de l'horizon de minerai est de 5,28 m.

Les puissances du minerai vont de 0,0 à 7,00 m au maximum. Il ressort de l'annexe B 5 que les parties Sud et Est présentent des puissances supérieures à 4,00 m alors que les puissances au Nord et à l'Ouest du gisement sont inférieures à 4,00 m.

#### Recouvrement

En ce qui concerne le recouvrement par des stériles, on peut dire que les puissances du recouvrement vont de 0,0 à au maximum 15,35 m (dans le sondage K 20) et qu'elles sont ainsi bien moins élevées que dans le gisement de Doguel Kaina (annexe B-9 et B-10).

Les puissances des roches de recouvrement stérile sont traitées en détail au chapitre B.7.1.

#### B.5 ETENDU, STRUCTURE ET TECTONIQUE DES GISEMENTS DE FER DE DOGUEL KAINA ET KOLO

Les minerais de fer oolithiques stratiformes des gisements de Doguel Kaina et Kolo reposent comme une plaque sur le socle précambrien du Birrimien sans avoir subi d'accident tectonique.

La stratification du minerai est horizontale où elle a une inclinaison de moins d'un degré en direction de l'Est.



Le corps de minerai de Doguel Kaina présente un amincissement en coin vers le Nord et le Nord-Ouest et sa puissance est plus faible vers le Sud. Vers l'Est et le Nord-Est, il est interrompu par l'escarpement naturel du Niger mais continue à l'Est du fleuve Niger dans les gisements de Kolo ainsi qu'au Sud de ces derniers cependant il n'est pas connu l'étendue exacte et la puissance de la couche de minerai de fer oolithique au Sud-Est de Kolo.

Les oolithes ferrugineuses se prolongent également vers l'Ouest mais se trouvent cependant en partie sous une couverture importante.

#### B.6 CONCLUSIONS ET INTERPRETATIONS AU SUJET DE LA GENESE

Pour la récente formation d'oolithes ferrugineuses dans le Lac Tchad, LEMOALLE & DUPONT présument les conditions suivantes:

Des oxydes et hydroxydes de fer réactif, qui sont combinés à l'argile par adsorption, sont, avec le sable siliceux, charriés dans le Lac Tchad, par les fleuves, dans ce cas le fleuve Chari qui alimente le Lac Tchad au Sud.

Contrairement à l'eau douce des fleuves, la valeur pH et la concentration d'électrolytes sont plus élevées dans le Lac Tchad en raison de la forte évaporation dans cette région. Les particules d'argile, qui deviennent instables lors de leur entrée dans un autre milieu, se débarrassent du fer auquel elles étaient combinées par adsorption. Les oolithes ferrugineuses en tant qu'oolithes goethites ont été formées par fixation autour du noyau d'argile, plus rarement autour du noyau siliceux ou également autour de fragments d'oolithes au fond du lac (profondeur moyenne de l'eau 3,5 m), dans des eaux bien aérées et bien agitées par les vents dont la température va de 18 à 30 °C.

Une comparaison du bassin du Tchad (fig. A-2), qui est également de nos jours un bassin intérieur sans décharge, avec le bassin de Iullemeden, qui était à l'époque du dépôt des sédiments de la formation Continental Terminal au tertiaire (miocène) également un bassin intérieur sans décharge et qui est de nos jours soumis à l'érosion par suite du relèvement du craton, montre que de nombreux facteurs géologiques et climatiques sont analogues, à savoir:



- 1) position tectonique et paléogéographique en tant que bassin intracratonique
- 2) morphologie sous forme d'un bassin plat avec des affluents présentant une faible inclinaison
- 3) roches d'origine soumises à une altération dans un milieu chaud et humide
- 4) climat
- 5) vraisemblablement débits similaires intermittents saisonniers des affluents transportant des sédiments.

Les ressemblances susmentionnées entre les bassins Tchad et Iullemeden permettent de supposer que les gisements de minerais de fer oolithiques au bord Ouest du bassin Iullemeden se sont formés de manière analogue aux sédiments d'oolithes ferrugineuses plus récents dans le lac Tchad.

Le modèle suivant est possible pour la formation des gisements de minerai de fer objet de l'étude:

Un système de fleuves, pour lequel il n'existe plus à l'heure actuelle de preuves en ce qui concerne son extension et son bassin-versant, décharge ses eaux dans le bassin Iullemeden intracratonique qui ne possédait pas d'écoulement à l'époque de la sédimentation de la formation Continental Terminal. Ce bassin pouvait être également subdivisé en bassins de plus petites dimensions (dans la région du Moyen Niger près de Dyabou-Say, Kolo et Niamey et dans la région de Loumbou-Loumbou un peu plus au Sud-Est). De même que de nos jours, les fleuves pouvaient avoir eu un débit variable selon des saisons et ils ont transporté, en plus de matières argileuses et sableuses, du fer réactif combiné à de l'argile. Le pH et le potentiel rédox permettent d'exclure que de grandes quantités de fer en solution aient pu être transportées. Le fer transporté dans les fleuves pouvait par exemple provenir de paléolatérites ou avoir son origine dans les roches du socle riche en Fe. Cette hypothèse permet de supposer que le système de fleuves transportant du fer déchargeait ses eaux venant de la direction Ouest dans le bassin.



De même que de nos jours dans le bassin Tchad, le bassin présentait, en comparaison avec l'eau douce du fleuve, des températures sûrement supérieures et une concentration plus élevée en électrolytes due à l'évaporation. Ces électrolytes pouvaient également ici avoir provoqué une libération du fer réactif des minerais argileux.

Le fer pouvait s'être déposé autour des noyaux argileux existant en grand nombre et plus rarement autour des noyaux siliceux et former des oolithes ferrugineuses dans les eaux peu profondes et faiblement agitées. Les noyaux argileux initiaux des oolithes ont pu être remplacés au cours des années par la goethite lors d'un échange de matières.

Sur la base des résultats minéralogiques microscopiques, on peut supposer que le phosphore a été transporté en tant qu'ion  $PO_4^{3-}$  et qu'il a été ensuite fixé dans les oolithes et les pisolithes ferrugineux en combinaison par adsorption avec de la goethite. Des phosphates libres sous forme de phosphorites n'ont pas pu être observés dans les sédiments du Continental Terminal.

Comme il ressort de la sédimentologie, une sédimentation régulière et calme a eu lieu à l'époque de la sédimentation des oolithes tendres au cours de laquelle les oolithes ferrugineux formés ont été sédimentés avec beaucoup de matières argileuses et avec des matières sableuses à la base.

Lors de la formation de l'intercalation argilo-sableuse, l'apport de fer était apparemment plus faible ou bien il y eut une sédimentation plus différenciée à l'intérieur de l'espace de sédimentation ce qui eut pour conséquence une sédimentation classée de la matière en sable, argile et oolithe ferrugineuse.

La forte teneur en Fe dans les oolithes indurées pourrait provenir de la très forte teneur en fer du matériel apporté. Il est également pensable que la teneur en Fe plus élevée par rapport aux oolithes tendres et à l'intercalation argilo-sableuse est due à un déplacement ainsi qu'à un triage et à un enrichissement de fer en résultant dans les oolithes indurées.

Les cartes géologiques du bassin Iullemeden indiquent des formations d'oolithes ferrugineuses dans la formation Continental Terminal uniquement à l'Ouest du bassin jusqu'à environ 20 km à l'Est du fleuve Niger. Des oolithes ferrugineuses ont été cependant également constatées près de Tahoua, Malbaza au Niger et aussi près de Sokoto au Nigéria prouvant que les oolithes ferrugineuses étaient très répandues dans la formation Continental Terminal.

B.7 RESERVES DE MINERAI DANS LES GISEMENTS DE DOGUEL KAINA ET KOLO

B.7.1 LIMITES ET SUBDIVISION DES GISEMENTS DE DOGUEL KAINA ET DE KOLO

Doguel Kaina

A l'Est et au Nord-Est, le gisement est limité par le bord naturel de l'érosion (annex B-10 à B-12).

La limite des réserves exploitables au Nord et au Nord-Ouest a été déterminée par la relation entre la puissance totale du minerai de fer et la puissance des roches stériles (y compris l'intercalation argilo-sableuse), jusqu'à un rapport de 1:5.

La limite Sud, qui était d'autre part donnée par la situation de la nouvelle Université Islamique de Say, a été déterminée de façon analogue.

Au Sud-Ouest, les réserves exploitables provisoire sont limitées par la route de Niamey - Say. La limite Ouest du champ d'exploitation est donnée par l'emplacement de la série de sondages la plus occidentale.

Il doit être mentionné qu'on peut s'attendre à d'autres réserves de minerai de fer à l'Ouest de cette ligne.

La surface totale des réserves exploitables de Doguel Kaina est de 59,92 km<sup>2</sup>.

La régions du gisement de Doguel Kaina a été divisé en quatre régions conformément à la puissance de roches stériles recouvrant le minerai et l'on peut dire que:

7,86 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 0 à 10 m,  
5,87 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 10 à 15 m,  
26,26 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 15 à 20 m et que  
19,93 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 20 à 25 m.

Les régions ayant des couches de recouvrement différentes sont hachurées en conséquence (annexes B-10 à B-12).

Les 7,86 km<sup>2</sup> ayant une faible couche de recouvrement de 0 à 10 m comprennent une grande région ininterrompue de 3,42 km<sup>2</sup> au Nord-Ouest, à l'Ouest et au Sud-Est de la localité de Doguel Kaina. Cette région est hachurée à l'annexe par des lignes étroites horizontales (annexe B-10).

D'autres régions dont la couche de recouvrement atteint au maximum 10 m se trouvent dans une bande Nord-Sud à l'Est de Tokey et dans une bande au bord Nord et au bord Sud de la vallée tribulaire en direction du Niger.

#### Gisement de Kolo

Les limites du gisement de Kolo sont représentées aux annexes B-9 et B-10. La surface totale du gisement de Kolo est de 17,86 km<sup>2</sup>.

De même que le champ de réserves de Doguel Kaina, le champ de réserves de Kolo a été subdivisé en fonction de la puissance du recouvrement. D'une façon générale, la couche de recouvrement sur le gisement de Kolo est bien plus faible que sur le gisement de Doguel Kaina:

13,00 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 0,0 - 5,0 m,  
3,80 km<sup>2</sup> se trouvent sous une couche de recouvrement de 5,0 - 10,0 m et  
1,06 km<sup>2</sup> se trouve sous une couche de recouvrement de 10,0 - 15,0 m.

Les puissances du recouvrement augmentent dans le gisement de Kolo d'une façon générale vers l'Est et vers le Nord.

**B.7.2 RESERVES DE MINERAIS DE FER**

Il a été déterminé pour chaque horizon les réserves en oolites tendres, de l'intercalation argilo-sableuse et en oolites indurées dans les gisements de Doguel Kaina et de Kolo. Pour l'intercalation argilo-sableuse, il a été calculé, en plus des réserves totales, les réserves de minerai pour une teneur limite en fer de 35 %, c'est à-dire pour une teneur moyenne en Fe supérieure à 35 % dans l'intercalation argilo-sableuse. De même, une teneur limite en Fe de 35 % a été choisie pour les oolites tendres dont la teneur en Fe diminue plus ou moins continuellement vers la base. La densité spécifique du minerai tout venant a été déterminée avec 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

Les réserves de minerai de fer du gisement de Doguel Kaina sont les suivantes:

Horizons de minerai	Réserves M t	Teneur en Fe %	Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
Oolites Indurées	390,2	50,45	1,73
Intercalation (total)	134,8	32,96	1,14
Intercalation (à teneur limite en Fe de 35 %)	62,8	41,80	1,56
Oolites Tendres (à teneur limite en Fe de 35 %)	483,7	45,49	2,07
Total de tous les horizons	1.008,7	45,73	1,81
Total de tous les horizons (à teneur limite en Fe de 35 %)	936,7	44,44	1,88



Les réserves totales de minerai de fer du gisement de Doguel Kaina sont de 1008,7 millions de t avec des teneurs moyennes en Fe de 45,73 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,81 %. Supposant une teneur limite en Fe de 35 % dans l'intercalation argilo-sableuse et les oolithes tendres les réserves totales se réduisent à 936,7 millions de t avec des teneurs moyennes en Fe de 47,44 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,88 %.

Les réserves de minerai de fer du gisement de Kolo sont les suivantes:

Horizons de minerai	Réserves M t	Teneur en Fe %	Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
Oolithes Indurées	94,7	46,1	1,66
Intercalation (total)	41,2	23,93	0,91
Intercalation (à teneur limite en Fe de 35 %)	7,3	36,47	1,21
Oolithes Tendres (à teneur limite en Fe de 35 %)	71,2	43,64	2,37
Total de tous les horizons	207,1	40,84	1,75
Total de tous les horizons (à teneur limite en Fe de 35 %)	173,2	44,67	1,92

Il en résulte des réserves totales de minerai de fer du gisement de Kolo de 207,1 millions de t avec des teneurs moyennes en Fe de 40,84 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,75 %. Supposant une teneur limite en Fe de 35 % dans l'intercalation argilo-sableuse et les oolithes tendres les réserves totales se réduisent à 173,2 millions de t avec des teneurs moyennes en Fe de 44,67 % et en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,92 %.

A cause de l'homogénéité de la composition et des puissances de tous les horizons de minerai de fer les réserves peuvent être classées dans la catégorie "vraisemblables à sûres" malgré les grandes distances des sondages dans la grille de sondages.

B.8 LA REGION ENTRE SAY ET LE FLEUVE GOROUBI ET LE  
PLATEAU DE DYABOU

La reconnaissance au début de la prospection a donné que le Plateau de Dyabou est d'importance secondaire en comparaison avec les autres régions sur les gisements de Kolo et de Doguel Kaina, notamment du point de vue de la puissance du minerai, mais également de la teneur en minerai. Seuls quelques sondages et quelques tranchées ont été donc effectués sur le Plateau de Dyabou et dans la région entre Say et le fleuve Goroubi (cf. annexe B-4.2, carte 1 : 50 000). Les résultats des travaux de sondage et de tranchée ont confirmé la faible puissance et les faibles teneurs en minerai de l'horizon de minerai de fer dans cette région.

Une division tripartite du corps de minerai en oolithes indurées, intercalation et oolithes tendres n'existe ni dans le corps de minerai du Plateau de Dyabou ni dans la région entre Say et le fleuve Goroubi.

La lithologie du minerai du Plateau de Dyabou correspond essentiellement aux oolithes indurées du gisement de Doguel Kaina mais la teneur de sable siliceux est plus élevée dans le minerai de Dyabou que dans le minerai de Doguel Kaina. Dans les carottes des quatre sondages comportant du minerai, les oolithes étaient fortement cimentées par de la goethite mobilisée et précipitée à nouveau.

Dans la région entre Say et le fleuve Goroubi, quatre tranchées ont été creusées par rainure (PSD 1 - 4) sur l'escarpement du fleuve Niger et du fleuve Goroubi et leur profondeur totale est de 14,85 m.

Le gisement de minerai de fer était, certes, présent dans toutes les tranchées mais sa puissance est fortement réduite. La puissance moyenne de l'ensemble du corps de minerai est dans les quatre tranchées de 2,15 m pour des teneurs moyennes de 43,88 % de Fe et de 1,75 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (annex B-3.118 et B-3.119).



Sur le Plateau de Dyabou, il a été réalisé deux tranchées d'une profondeur totale de 8,10 m et six sondages à carotte d'une profondeur totale de 129,15 m (annexes B-3.118 à B 3.125).

Dans les tranchées (PSD 5 et PSD 6), la puissance moyenne du corps de minerai est de 2,75 m pour des teneurs moyennes de 48,61 % de Fe et de 1,67 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Dans les quatre autres sondages à carottes, D 1 à D 3 et D 6, la puissance moyenne du minerai est de 2,50 m pour des teneurs moyennes de 46,53 % de Fe et 1,12 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La teneur en SiO<sub>2</sub> est très élevée et va de 10 à 20 %.

La puissance de recouvrement varie entre 8 et 15 m.

Dans les sondages D 4 et D 5 du minerai de fer n'a pas été trouvé.

Partie C  
Essais minéralurgiques



C.	Essais minéralurgiques	C 1
C.1	But des essais	C 1
C.2	Matiere a examiner	C 1
C.3	Réalisation des essais	C 1
C.3.1	Homogénéisation des échantillons	C 1
C.3.2	Réalisation d'essais d'orientation	C 1
C.3.3	Réalisation des essais minéralurgiques	C 2
C.3.3.1	Essais de fractionnement	C 2
C.3.3.2	Essais d'attrition	C 4
C.3.3.3	Essais de séparation par liqueurs denses	C 4
C.3.3.4	Essais de séparation par bac laveur	C 4
C.3.3.5	Essais de traitement par séparation magnétique humide a haute intensite	C 4
C.4	Résultats des essais	C 5
C.4.1	Essais d'orientations	C 5
C.4.1.1	Examens minéralogiques des minerais tout-venant	C 5
C.4.1.1.1	Examen microscopique	C 6
C.4.1.1.2	Examens par microsonde et diffractometrie X	C 8
C.4.1.2	Escamens chimiques et physiques	C 18
C.4.2.	Essais minéralurgiques	C 19
C.4.2.1	Enrichissement par classement du tout-venent	C 21
C.4.2.1.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 21
C.4.2.1.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 22



C.4.2.2	Enrichissement par fractionnement et classement consecutif	C 23
C.4.2.2.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 24
C.4.2.2.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 24
C.4.2.3	Enrichissement par fractionnement, attrition et classement	C 25
C.4.2.3.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 26
C.4.2.3.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 26
C.4.2.4	Enrichissement par traitement en liqueurs denses	C 27
C.4.2.4.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 28
C.4.2.4.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 28
C.4.2.5	Enrichissement sur bac de lavage	C 29
C.4.2.6	Enrichissement par séparation magnétique humide a haute intensité	C 30
C.4.2.6.1	Fraction granulométrique 0,5 à 0 mm	C 30
C.4.2.6.2	Minerai tout-venant broyé à 0,1 - 0 mm	C 32
C.4.2.6.3	Melange de minerai broyé des échantillons 1 et 2 (0,1 - 0 mm)	C 33
C.4.2.6.4	Minerai tout-venant broyé et deschlammé (0,1 - 0,02 mm)	C 34
C.4.2.6.5	Produit de melange des échantillons 1 et 2 broyé et deschlammé (0,1 - 0,02 mm)	C 35
C.5	Appréciation des résultats d'essais	C 35
C.5.1	Appauvrissement en phosphore	C 35
C.5.2	Concentration du minerai de fer	C 36
C.5.2.1	Enrichissement	C 36
C.5.2.2	Rendement	C 38



C.5.3	Conclusions tirées des essais minéralurgiques au point de vue technologique	C 38
C.6	Conception d'une exploitation industrielle du gisement de minerai de fer	C 39
C.6.1	Lavabilité du minerai de chaque horizon	C 39
C.6.2	Détermination d'un flow-sheet de traitement du minerai de fer de Say	C 40
C.7	Confection de concentrés pour les essais sidérurgiques	C 41
C.7.1	Réalisation des essais	C 41
C.7.2	Résultats	C 43
C.7.2.1	Echantillon 1 (oolithes indurées)	C 43
C.7.2.2	Echantillon 2 (oolithes tendres)	C 43



C. ESSAIS MINERALUGIQUES

C.1 BUT DES ESSAIS

Conformément au Cahier des Charges, les objectifs des essais minéralurgiques des minerais de fer de Say étaient les suivants:

- réduction des teneurs en phosphore et enrichissement simultané du minéral de fer, compte tenu de différentes méthodes de traitement et
- élaboration d'une méthode de traitement industrielle appropriée aux conditions données dans la République du Niger.

C.2 MATIERE A EXAMINER

Les échantillons prélevés durant les travaux d'exploration et à la suite de ceux-ci pour les essais minéralurgiques (voir Chapitre A.3.1.5) provenaient:

- de l'horizon supérieur des Oolithes Indurées (échantillon n° 1) et
- de l'horizon inférieur des Oolithes Tendres (échantillon n° 2).

Ces échantillons avaient été emballés séparément dans 38 fûts d'un poids total de 13 tonnes. L'envoi est arrivé le 15 juin 1983 au Centre de Recherche et de Développement KHD à Cologne-Porz.

C.3 REALISATION DES ESSAIS

C.3.1 HOMOGENEISATION DES ECHANTILLONS

Les échantillons reçus ont d'abord été mélangés afin de pouvoir prélever respectivement un échantillon moyen représentatif et afin d'homogénéiser la matière à examiner pour les essais.

C.3.2 REALISATION D'ESSAIS D'ORIENTATION

Les échantillons moyens de chaque lot ont été soumis à des analyses granulométriques, chimiques et minéralogiques, et leurs masses volumiques apparentes tassées et non tassées déterminées à titre d'orientation pour les essais minéralurgiques consécutifs.

Les essais de classement ont été effectués sur tamis DIN à main.

### C.3.3 REALISATION DES ESSAIS MINERALURGIQUES

Conformément aux objectifs visant à trouver une méthode de traitement des minerais de fer, praticable au point de vue technique et économique, compte tenu des conditions locales, il a été réalisé une série d'essais déterminés.

Ces essais portaient de la technologie la plus simple - c'est-à-dire le classement - les méthodes de traitement devenant de plus en plus complexes au fur et à mesure de leur progression.

Les examens ont porté sur les phases de traitement suivantes:

- fractionnement
- attrition
- séparation par liqueurs denses
- traitement sur bac de lavage et
- séparation magnétique humide à haute intensité.

#### C.3.3.1 ESSAIS DE FRACTIONNEMENT

Les essais de fractionnement ont été réalisés à l'aide d'un concasseur à marteaux du type 400-250, avec une grille à trous oblongs de 30 x 6 mm, à une vitesse de rotor de 1210 t/mn.

Pour le fractionnement en vue de l'obtention d'une quantité importante de concentrés pour les essais sidérurgiques ultérieurs, il a été utilisé un broyeur à marteaux du type HEM 630, en raison du débit supérieur. La vitesse de rotor était alors de 900 tr/mn = 27,9 m/s de vitesse périphérique.

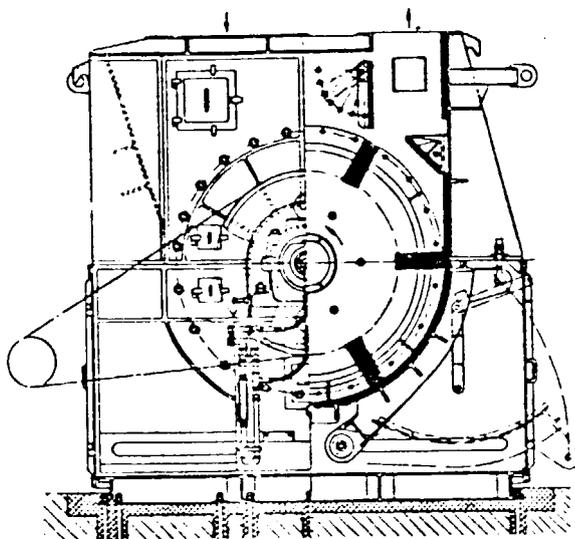


Fig. C-1: Concasseur à marteaux, type PHM

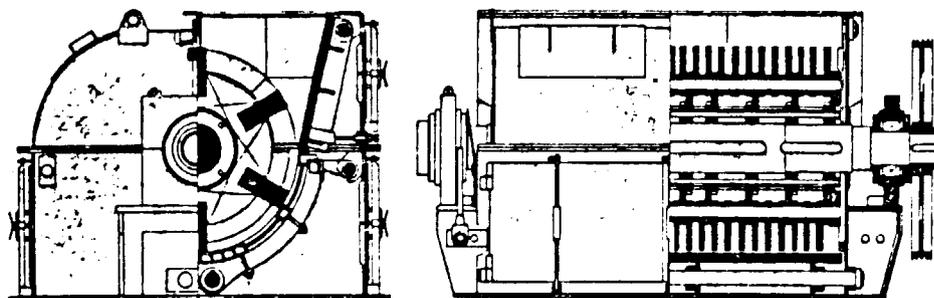


Fig. C-2: Broyeur à marteaux, type HEM



#### C.3.3.2 ESSAIS D'ATTRITION

L'attrition a été appliquée en vue d'éliminer des résidus de liant adhérent à la surface des oolithes et augmenter ainsi la teneur en Fe du minerai. Les essais ont été effectués dans un appareil d'attrition de 30 l avec un agitateur à pales doubles.

L'orientation des pales doubles de l'agitateur est telle que l'une des pales soulève la pulpe vers le haut alors que l'autre pale presse inversement la pulpe vers le bas. Les essais ont été effectués avec une teneur en solide de la pulpe d'env. 1100 g/l pour l'échantillon 1 et d'env. 1300 et 1000 g/l pour l'échantillon 2. La vitesse de l'agitateur a été maintenue constante.

#### C.3.3.3 ESSAIS DE SEPARATION PAR LIQUEURS DENSES

Lors des essais de séparation par liqueurs denses, il a été choisi comme limite de séparation supérieure la densité de  $3,45 \text{ kg/dm}^3$ , pour pouvoir enrichir nettement le minerai de fer dans les plongeurs  $> 3,45 \text{ kg/dm}^3$ .

#### C.3.3.4 ESSAIS DE SEPARATION PAR BAC LAVEUR

Un essai préliminaire a été effectué sur un bac de lavage à tube en U, fonctionnant d'après le principe des vitesses de chute différentes dans l'eau, pour obtenir une confirmation des résultats des essais de séparation par liqueurs denses. Il a été possible, au cours de ces essais, de séparer une faible quantité de minerais pauvres, la teneur en fer de la couche de produits lourds n'a toutefois pour ainsi dire pas été augmentée par rapport au produit alimenté. Par ailleurs, une couche de séparation nette n'a pas pu être déterminée.

Les essais n'ont donc pas été analysés et poursuivis.

#### C.3.3.5 ESSAIS DE TRAITEMENT PAR SEPARATION MAGNETIQUE HUMIDE A HAUTE INTENSITE

Les essais d'enrichissement magnétique ont été effectués sur un séparateur magnétique humide à haute intensité "Jones P 40" (fig. C-3). Pour les différents essais, l'intensité magnétique a été variée pour déterminer à quelles intensités de champ il était possible d'obtenir les meilleurs résultats de séparation.

Trois produits ont été obtenus à chaque essai:

- produit magnétique
- mixtes
- produit non magnétique

Les produits ont été soumis à l'analyse chimique et leur distribution dimensionnelle en masse déterminée. Les résultats sont récapitulés dans les annexes C-29 à C-46.

Le produit (sous forme de pulpe) a été alimenté au séparateur magnétique par pompe immerisible et tuyère d'alimentation, à une vitesse de rotor constante de 3 tr/mn. Les différents produits ont été recueillis dans des bacs séparés en vue des examens des échantillons (détermination des masses et analyses chimiques).

#### C.4 RESULTATS DES ESSAIS

##### C.4.1 ESSAIS D'ORIENTATION

Les essais d'orientation comportent des données minéralogiques, chimiques et physiques.

##### C.4.1.1 EXAMENS MINERALOGIQUES DES MINERAIS TOUT-VENANT

L'examen a porté sur 2 échantillons moyens du minerai de fer oolithique:

Echantillon 1 = horizon supérieur (Oolithes Indurées)  
Echantillon 2 = horizon inférieur (Oolithes Tendres)

Les méthodes d'examen suivantes ont été appliquées: microscopie à éclairage incident, à éclairage par transparence, diffractométrie X et analyse par microsonde.

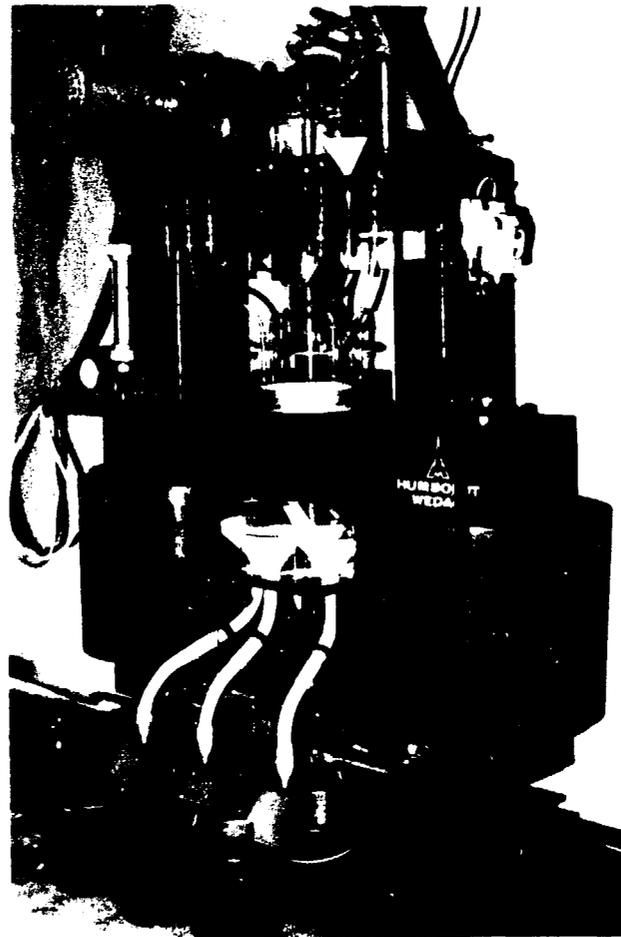


Fig. C-3: Séparateur JONES, type P 40

#### C.4.1.1.1 EXAMEN MICROSCOPIQUE

##### Oolithes/pisolithes

Les oolithes de la goethite sont les porteurs de fer du minerai de fer. La structure des oolithes est concentrique - à coques. Les différentes coques sont formées de cristallites de goethite aciculaires. Grâce à la différente orientation cristallographique et à la différente granulométrie des cristallites, la structure des coque devient visible par polissage (fig. C-4). Les diamètres des oolithes varient entre 0,2 et 2,0 mm (valeur moyenne: 0,6 mm).

Très fréquemment, les oolithes présentent un noyau à l'intérieur. La taille des noyaux d'oolithes varie entre 60 et 900  $\mu\text{m}$ . Le noyau est presque exclusivement constitué de goethite. Des noyaux de quartz se présentent rarement.



En raison de leur structure, les noyaux de goethite se laissent subdiviser en

- noyaux homogènes, compactes de goethite, exempts de structure perceptible
- débris d'oolithes (fig. C-5).

Les débris d'oolithes prédominent. Les noyaux présentent un degré d'arrondissement allant de l'arrondi au bien rond.

La forme extérieure des oolithes est sphérique à ellipsoïdal de révolution. Des noyaux plus grands peuvent influencer la forme des oolithes; les coques venues se fixer ne sont pas assez épaisses alors, pour compenser la forme du noyau.

Secondairement, on observe des oolithes troués, poreux. De nombreux oolithes présentent des fissures quelquefois cicatrisées par de la goethite, du quartz et de la kaolinite. Les inclusions rencontrées dans les oolithes sont:

- des grains de quartz
- des minéraux lourds (zircon, rutile).

Au bord des oolithes il s'est formé, notamment sur les échantillons fortement altérés, de la goethite réniforme, botryoïdale, sous forme de gel (fig. C-4, C-5, C-6), qui, à son tour, peut être enveloppée d'une croûte formée d'un mélange de quartz et de kaolinite (fig. C-12, C-13). La largeur d'orelet de cette croûte de goethite varie entre 20  $\mu\text{m}$  et 120  $\mu\text{m}$ . En bordure des oolithes, il se présente rarement de la lépidocrocite ( $\gamma$ -FeOOH) croûteuse, radiée.

#### Quartz

Les quartz se présentent sous forme de grains dans la pâte et d'inclusions dans les oolithes.

Les grains de quartz dans la pâte sont arrondis à sphériques ils sont limpides et ne présentent que rarement des inclusions.

#### Kaolinite

Le minéral argileux existant dans le minerai n'a pas pu être clairement défini à l'examen microscopique. La diffractométrie X a donné la kaolinite comme minéral argileux.

La teneur en kaolinite est d'autant plus élevée que l'échantillon est altéré.



### Minéraux lourds

Le minerai se caractérise par une très faible teneur en minéraux lourds. Des minéraux lourds opaques n'ont pas été observés. A l'examen microscopique il a été possible d'identifier du zircon et du rutile.

Les minéraux lourds se présentent

- dans la pâte (granulométries entre 10 um et 120 um)
- comme inclusions dans les oolithes et rarement dans les grains de quartz.

### Pâte

Les liants rencontrés entre les oolithes sont

- des particules fines à extra-fines de débris d'oolithes
- du quartz, partiellement coloré en jaune à brun-jaunâtre par la goethite finement répartie
- de la kaolinite intimement imbriquée aux autres matériaux de la pâte, ou formant des "nids" individuels de kaolinite.

### C.4.1.1.2 EXAMENS PAR MICROSONDE ET DIFFRACTOMETRIE X

Les analyses chimiques et par fluorescence X du minerai de fer oolithique ont donné une teneur en  $P_2O_5$  allant jusqu'à 2,0 % en masse. Pour répondre à la question comment le phosphore se présente dans le minerai, il a été effectué un examen au microscope électronique à balayage.

### Oolithes

Des photographies au scanner de la distribution des éléments Fe, Al, Si, P montrent dans les oolithes (fig. C-6 à C-10 et C-11 à C-14)

- des teneurs élevées en Fe, liées à la goethite
- des traces d'aluminium régulièrement réparti
- une répartition régulière de phosphore
- la présence de silicium dans les oolithes sous forme de traces seulement.



La distribution régulière des éléments Al et P dans les oolithes montre qu'il n'existe pas de minéraux propres de Al et de P.

Vraisemblablement, l'aluminium est toutefois inséré ici au réseau cristallin de la goethite sous forme d'ion  $Al^{3+}$  et le phosphore lié par adsorption à la goethite sous forme de phosphate.

Le porteur de phosphore est donc la goethite.

#### Pâte

Les photographies de distribution des éléments (fig. C-8, C-9) montrent des teneurs élevées en Al et Si dans la pâte. Aux endroits où les distributions des éléments Al et Si se recouvrent, Al et Si se présentent sur la kaolinite. On ne trouve pas de phosphore dans la pâte, ou seulement dans la mesure où l'on rencontre des débris d'oolithes comme particules extra-fines dans la pâte.

La liaison par adsorption des ions de phosphate sur la goethite a pu se produire au cours de la formation des oolithes. Lors de la précipitation du fer, dissout sous diverses formes dans des eaux superficielles, ils se forment des gels d'hydroxydes de fer qui, en fonction du pH, de la force ionique de la solution, de la nature et de la quantité d'autres ions présents, renferment soit des charges électriques positives, soit négatives. C'est la raison pour laquelle il y a aussi bien adsorption d'anions que de cations. C'est ainsi que l'on trouve fréquemment des ions de  $SiO_2$ , de Mn, de phosphate, de Ca, d'arsenate et de vanadate liés par adsorption à la goethite.



1000  $\mu\text{m}$

Fig. C-4: Photo des électrons de diffusion en retour du minéral de fer oolithique. Les oolithes présentant des couches concentriques encroûtées de goéthite botryoidale précipité.



100  $\mu\text{m}$

Fig. C-5: Photo des électrons de diffusion en retour du minéral de fer oolithique. Une oolithe présente un fragment d'oolithe comme noyau.

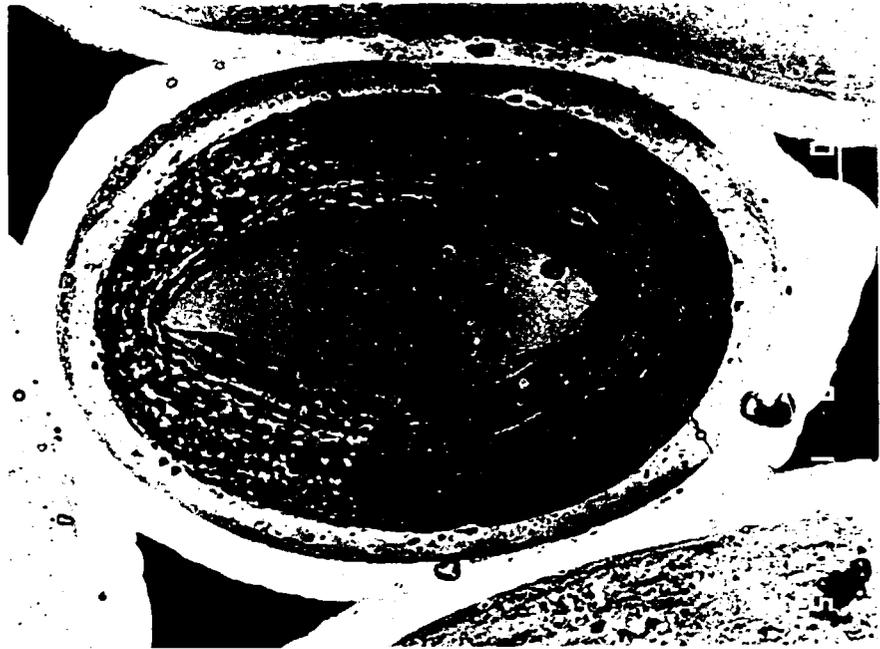


Fig. C-6: Photo des électrons de diffusion en retour du minéral de fer oolithique.

— 100  $\mu\text{m}$



Fig. C-7: Radiographie de la distribution Fe-K $\alpha$  de la fig. C-6.

— 100  $\mu\text{m}$



Fig. C-8: Radiographie de la distribution Si-K $\alpha$  de la fig. C-6.

— 100  $\mu$ m



Fig. C-9: Radiographie de la distribution Al-K $\alpha$  de la fig. C-6.

— 100  $\mu$ m

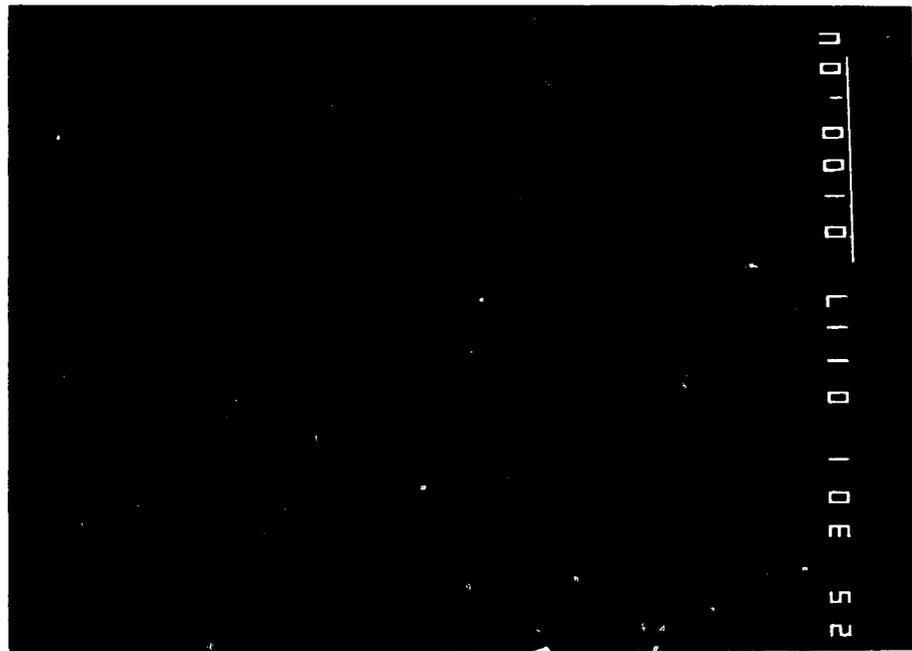
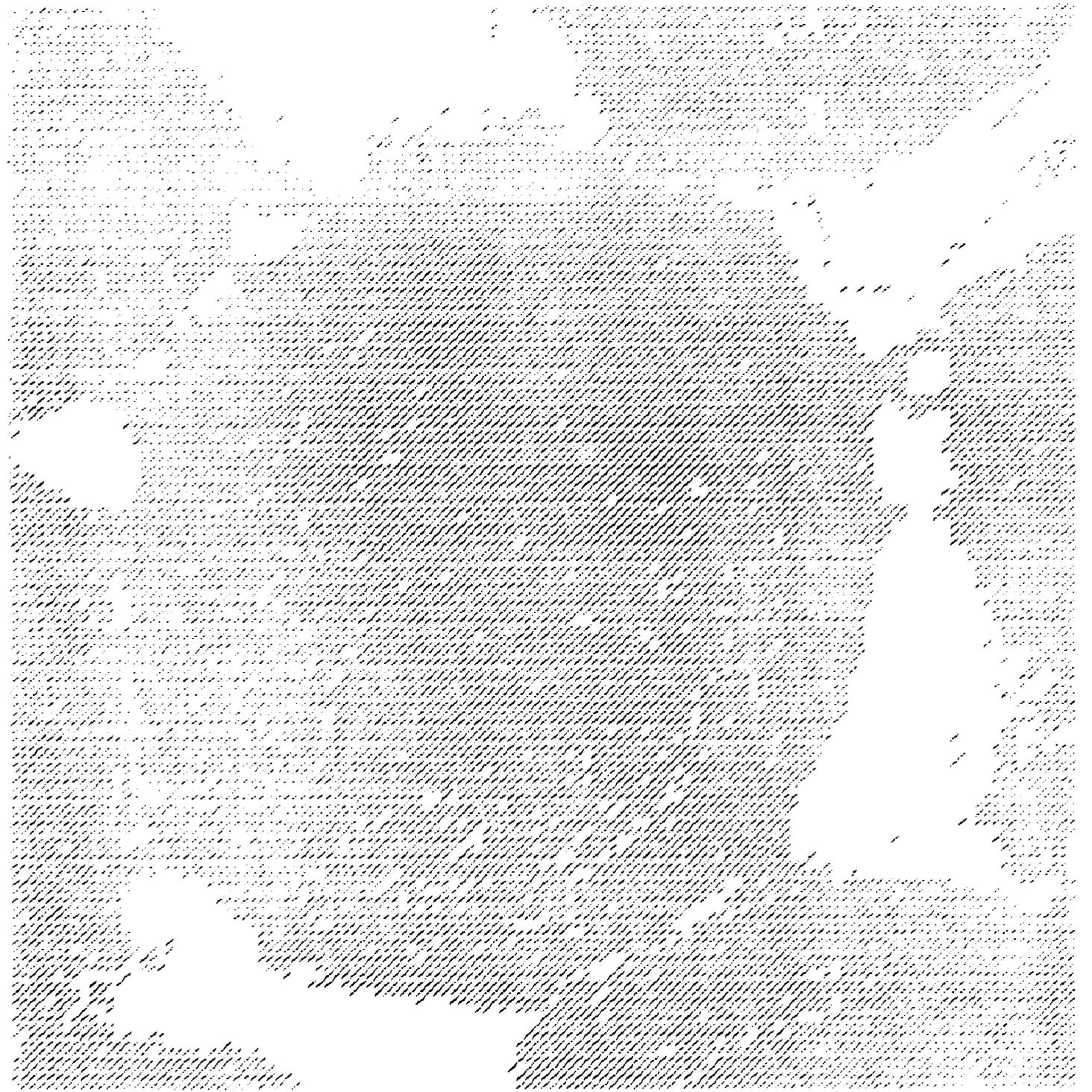


Fig. C-10: Radiographie de la distribution P-K $\alpha$  de la  
fig. C-6.



100  $\mu$ m

ENLARGED VIEW OF ONE OF THE



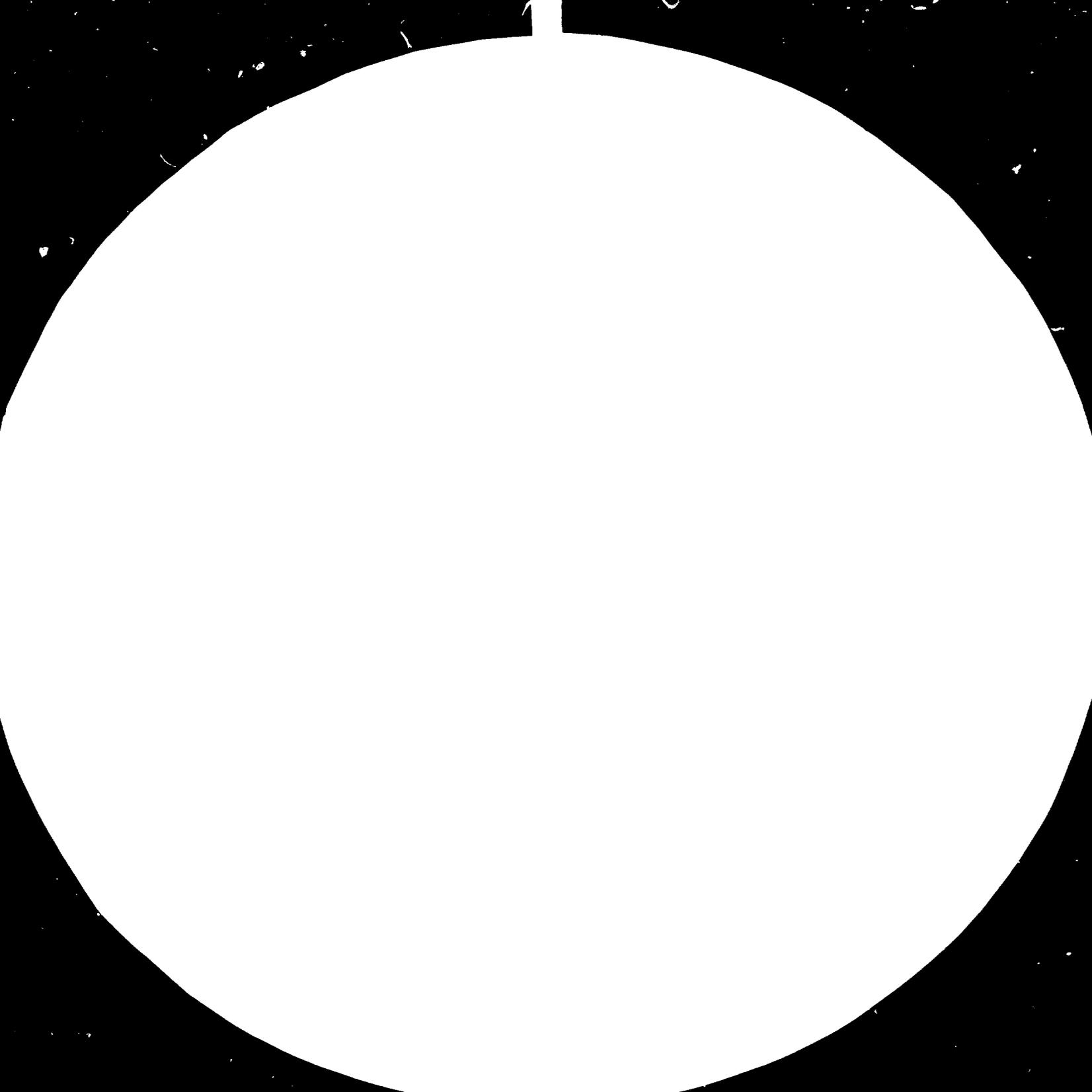
**Fig. C-11FE-DISTRIBUTION**  
**ENLARG - 300X**



AL-DISTRIBUTION



Fig. C-12: AL-DISTRIBUTION  
ENLARG. 300%





28



32



36



40



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL NUMBER  
1963-A MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART (NBS 1953-A)



QUALITÄT UND ENERGIEVERBRAUCH



Fig. C-13: **SI-DISTRIBUTION**  
**ENERGIEVERBRAUCH**



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

- C 17 -

PROJEKT DER KUNSTSTOFF-ANLAGE, PIRIBIT



Fig. C-14: F-DISTRIBUTION  
ENLARG. 320%



C.4.1.2 EXAMENS CHIMIQUES ET PHYSIQUES

Pour les deux lots d'échantillons, les masses volumiques du tout-venant ont été déterminées et les analyses granulométriques réalisées.

	Echantillon 1 oolithes indurées	Echantillon 2 oolithes tendres
masse vol. réelle	2,65 kg/l	2,65 kg/l
masse vol. apparente	1,93 kg/l	1,92 kg/l
masse vol. apparente tassée	2,10 kg/l	2,09 kg/l

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

fractions granulométriques	% en masse	% en masse
80 mm	2,09	-
80 - 60 mm	10,47	1,03
60 - 40 mm	20,83	3,14
40 - 20 mm	23,11	6,90
20 - 10 mm	9,20	7,25
10 - 8 mm	0,70	1,28
8 - 5 mm	2,09	3,79
5 - 3 mm	1,48	3,55
3 - 2 mm	2,12	10,12
2 - 1 mm	13,21	31,23
1 - 0,5 mm	7,72	17,55
0,5	6,98	14,16
total:	100,00	100,00

Les analyses granulométriques sont représentées graphiquement dans les annexes C-2 et C-5.

Sur aucun des deux échantillons il a pu être déterminé une teneur en eau libre.

L'échantillon moyen prélevé sur chacun des lots a été soumis à une analyse chimique humide:



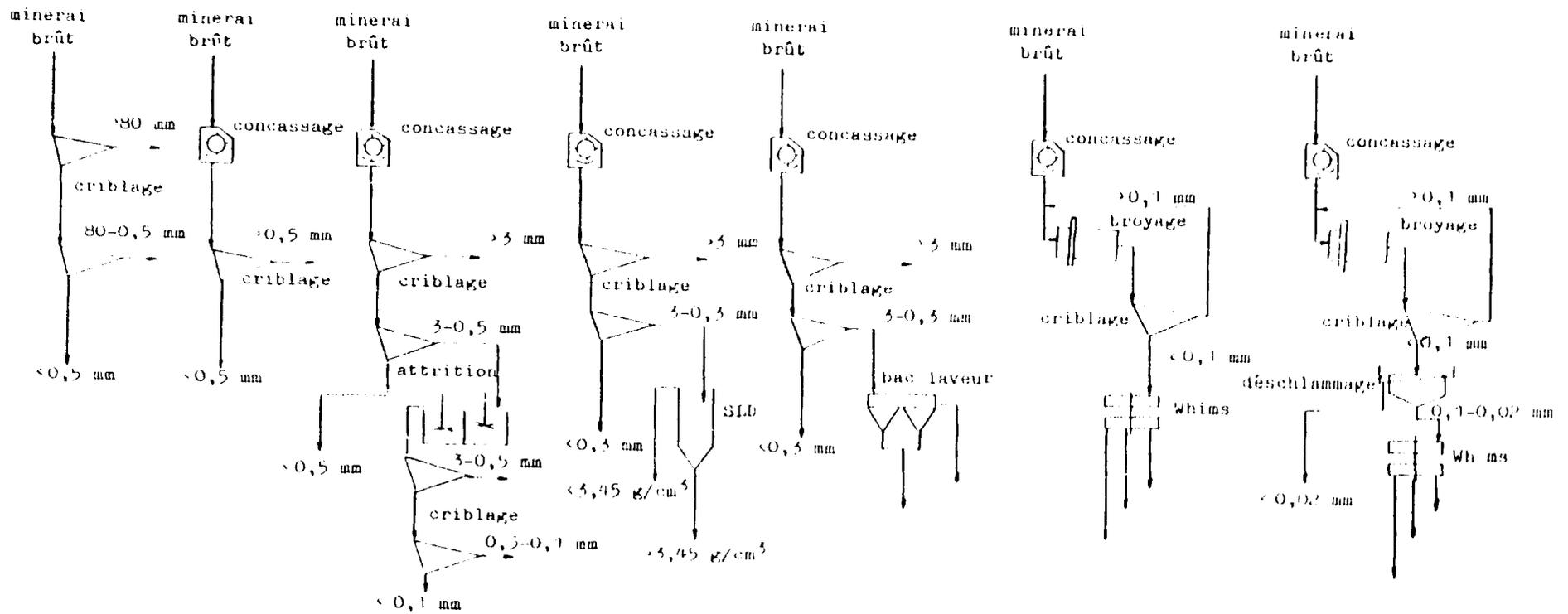
	Echantillon 1 Oolithes Indurées	Echantillon 2 Oolithes Tendres
Fe tot.	48,84 %	40,45 %
Fe <sup>++</sup>	0,13 %	0,11 %
Fe <sup>+++</sup>	48,71 %	40,34 %
SiO <sub>2</sub>	8,13 %	17,70 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,68 %	1,04 %
CO <sub>2</sub>	0,71 %	0,64 %
F	traces	0,05 %
Na <sub>2</sub> O	0,19 %	1,51 %
K <sub>2</sub> O	0,08 %	0,28 %
V	0,05 %	0,04 %
MgO	0,09 %	0,12 %
CaO	0,08 %	0,12 %
TiO <sub>2</sub>	0,09 %	0,26 %
MnO	0,38 %	0,43 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,85 %	8,96 %
perte au feu (2 heures à 1.000 °C)	14,18 %	13,52 %

Les différentes fractions des analyses granulométriques du tout-venant des deux lots ont été examinées quant à leur teneur en Fe total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et SiO<sub>2</sub>. Les teneurs et distributions dans les différentes fractions figurent dans les annexes C-1, C-3, C-4 et C-6.

## C.4.2

ESSAIS MINERALURGIQUES

Les résultats des examens minéralogiques, d'après lesquels le phosphore se trouve finement réparti sur l'ensemble du spectre des oolithes, ont fortement limité les possibilités de traitement minéralurgiques en vue de l'abaissement de la teneur en phosphore. Les premiers essais par tâtonnement confirment les résultats des examens minéralogiques. En raison de la répartition extrêmement fine du phosphore (de l'ordre du micron) ainsi que de la nature de la liaison du phosphore dans les oolithes, il ne sera pas possible d'abaisser la teneur en P dans le minerai de fer examiné par traitement minéralurgique. Dès lors, l'attention a été portée sur la réalisation de différentes séries d'essais de traitement visant à une concentration aussi poussée que possible des minéraux de fer (voir tableau page suivante).



Whims - Séparation magnétique  
humide à haute intensité  
SLD - Séparation par liqueur dense

Fig. C. 15: Schéma des essais du traitement  
Mineral de fer, SAY, Niger



Pour constater dans quelle mesure un enrichissement du minéral de Fe est possible, il a été procédé à une séparation manuelle (par attrition) d'environ 50 oolithes propres pour chaque lot d'échantillon sous un stéréomicroscope. L'analyse chimique des oolithes individuels de l'échantillon 1 (Oolithes Indurées) a donné une teneur en Fe de 54,21 %. Les oolithes individuels de l'échantillon 2 (oolithes tendres) renferment 53,40 % de Fe.

Cela montre que par des procédés de traitement mécaniques un enrichissement maximum de 53 à 54 % de Fe est possible, en choisissant un degré de désagrégation de l'ordre de grandeur de l'oolithe (env. 0,5 mm).

C.4.2.1 ENRICHISSEMENT PAR CLASSEMENT DU TOUT-VENANT

C.4.2.1.1 ECHANTILLON 1 (OOLITHES INDUREES)

L'analyse au tamis et des métaux (annexe C-1) du tout-venant a montré une diminution de la teneur en Fe à partir de la fraction 1 - 0,5 mm, et d'une manière encore plus nette à partir de 0,5 mm. Dans l'annexe C-3, il a été procédé au regroupement de trois fractions.

Fraction (mm)	Rendement en masse (%)	Teneur en Fe (%)
> 80	2,09	52,66
80 - 0,5	90,83	51,05
< 0,5	6,98	30,28
Total:	100,00	49,64

Par séparation de 6,98 % en masse, la teneur en Fe de la matière peut être augmentée d'environ 1,5 %.



C.4.2.1.2 ECHANTILLON 2 (OOLITHES TENDRES)

L'annexe C 6 montre le regroupement des différentes fractions en trois produits de tamisage.

Fraction (mm)	Rendement en masse (%)	Teneur en Fe (%)
60 à 5	23,39	41,87
5 à 0,5	62,45	47,84
< 0,5	14,16	21,63
Total:	100,00	42,733

Pour cet échantillon, la teneur en Fe de la matière restante est augmentée d'environ 3,5 % par élimination de la fraction < 0,5 mm.

Etant donné que dans les fractions grossières, le scellement des oolithes était bien visible macroscopiquement, il conviendrait de les désagréger par fractionnement et de libérer une partie de la pâte pouvant alors être éliminée par criblage.



C.4.2.2 ENRICHISSEMENT PAR FRACTIONNEMENT ET CLASSEMENT  
CONSECUTIF

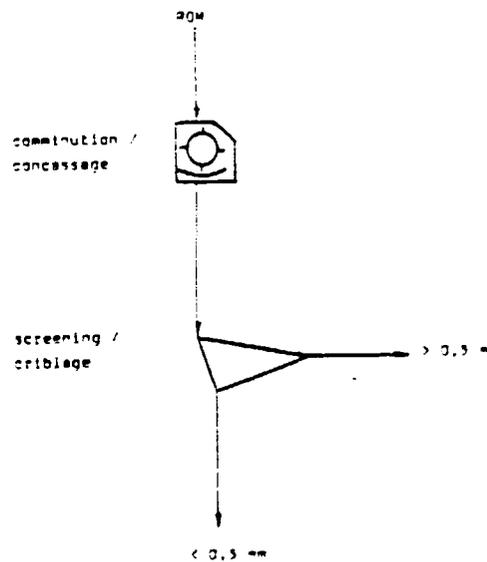


Fig. C-16: Représentation schématique du fractionnement et du classement.

Le fractionnement du tout-venant a été effectué par le concasseur à marteaux décrit sous C 3.3.1. Avec une grille à ouverture de 30 x 6 mm, ceci donnait un broyage à < 5 mm. Les analyses au tamis et des métaux des produits broyés sont récapitulées dans les annexes C-7 à C-14. Les annexes C-9, C-10, C-13 et C-14 montrent les regroupements de fractions granulométriques en produits.



Dans les annexes C-8 et C-12, les résultats des analyses granulométriques des produits broyés sont représentés sur un réseau granulométrique. On distingue nettement que malgré la compacité différente des deux échantillons, ils se comportent analogiquement au broyage.

C.4.2.2.1 ECHANTILLON 1 (OOLITHES INDUREES)

A une coupure de 0,5 mm, il est obtenu une teneur en Fe dans la fraction <0,5 mm de 52,27 %, pour un rendement en masse de 71,32 % et un rendement en Fe de 74,88 % (annexe C 9). La matière de la fraction <0,5 mm présente alors une teneur en Fe de 43,60 %, pour un rendement en masse de 28,68 % et un rendement en Fe de 25,12 %.

C.4.2.2.2 ECHANTILLON 2 (OOLITHES TENDRES)

Pour la fraction >0,5 mm séparée, il résulte une teneur en Fe de 46,81 %, pour un rendement en masse de 73,08 % et un rendement en Fe de 82,87 %. Dans les fines <0,5 mm, la teneur en Fe s'élève alors à 26,28 %.

C.4.2.3 ENRICHISSEMENT PAR FRACTIONNEMENT, ATTRITION ET CLASSEMENT

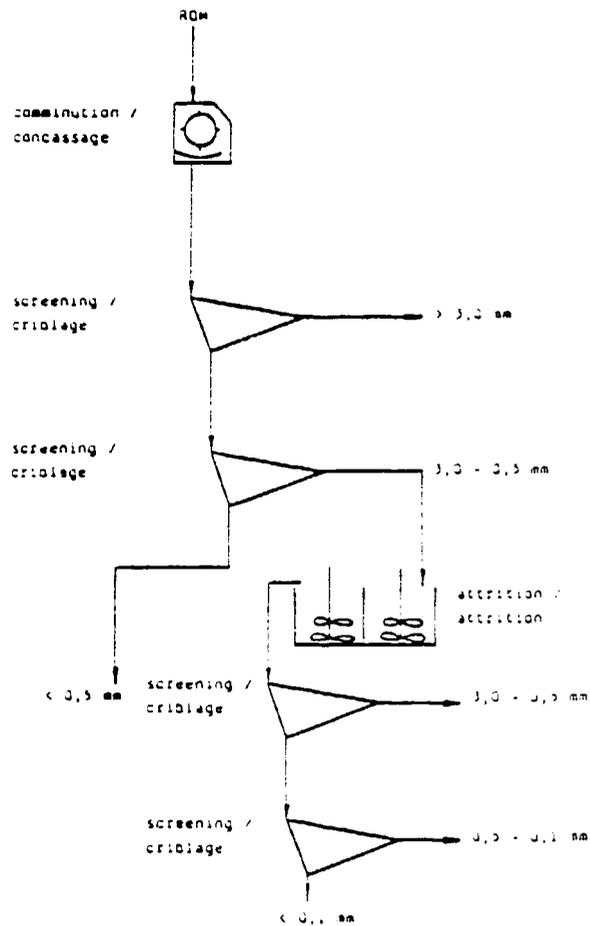


Fig.C-17: Représentation schématique de l'attrition



Etant donné que le fractionnement seul ne suffit pas pour détacher le liant des oolithes et que du liant reste encore déposé à la surface des oolithes, il y a eu recours à une opération de traitement supplémentaire en vue de produire un concentré de Fe à haute teneur en éliminant encore du liant. Cette opération est l'attrition.

C.4.2.3.1 ECHANTILLON 1 (OOLITHES INDUREES)

De la matière concassée par un concasseur à marteaux, la fraction 3 à 0,5 mm a été séparée par criblage humide. Cette matière a été soumise à l'attrition durant 5, 7 et 10 minutes. Après 5 minutes d'attrition, la teneur en Fe de cette fraction 3 à 0,5 mm a pu être augmentée de 52,3 à 53,73 %. (Voir annexes C-9 et C-16).

Si l'on mélange le produit obtenu par attrition à la fraction 3,0 mm, ce produit de mélange d'une fraction de 0,5 mm présente une teneur en Fe de 53,52 %, un rendement en masse de 58,44 % et un rendement en Fe de 62,51 %. Une durée d'attrition plus longue n'apporte pas d'amélioration notable des résultats (voir annexes C-15 à C-20).

C.4.2.3.2 ECHANTILLON 2: (OOLITHES TENDRES)

La matière préparée comme celle de l'échantillon 1 a été soumise à l'attrition durant 7, 10 et 13 minutes. Des durées d'attrition plus longues ont été choisies parce que la matière de la couche inférieure présente un taux de pâte supérieur et que la teneur en Fe du tout-venant est inférieure à celle de l'échantillon 1.

Les résultats sont donnés dans les annexes C-21 à C-26. Ici, on peut produire, après 7 minutes d'attrition, un produit d'une teneur en Fe de 51,05 %, avec un rendement en masse de 60,52 %. Par regroupement avec la matière >3,0 mm préalablement séparée on obtient une augmentation de la teneur en Fe de 46,81 % à 50,30 %. Le rendement en masse est ici de 65,58 % et le rendement en Fe de 76,80 %.

En ce qui concerne les teneurs en  $P_2O_5$ , on ne note pas de décalage ou d'améliorations sensibles par l'attrition, pour les échantillons 1 et 2. Le phosphate ne se laisse pas séparer du fer. A noter que la teneur en  $SiO_2$  augmente dans les fines séparées  $< 0,5$  mm, ce qui prouve l'effet d'abrasion durant l'attrition. L'augmentation des fines  $0,5$  mm le prouve également.

C.4.2.4 ENRICHISSEMENT PAR TRAITEMENT EN LIQUEURS DENSES

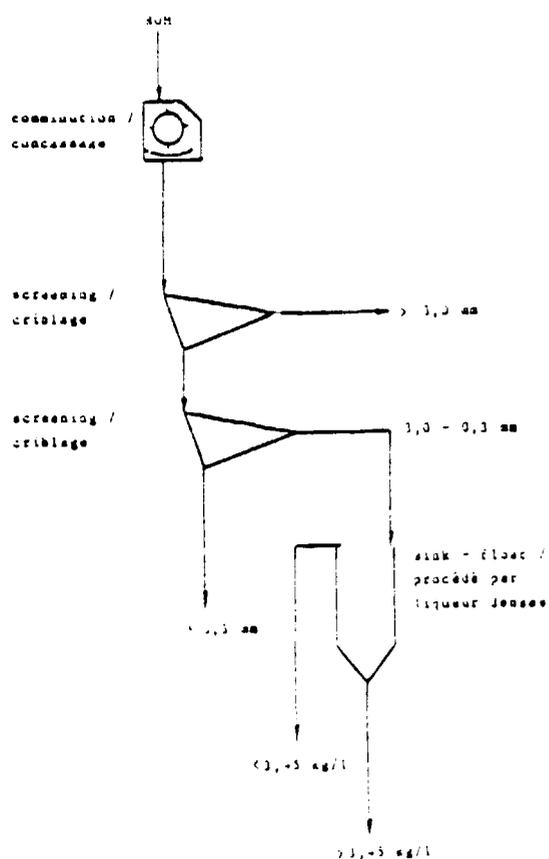


Fig. C-18: Représentation schématique du procédé par liqueurs denses.



Pour examiner ce moyen d'enrichissement en Fe, la matière concassée (fraction 3 à 0,3 mm) a été séparée dans des liqueurs denses organiques de densités différentes. L'essai a montré qu'un enrichissement en Fe peut ainsi être obtenu. Une diminution de la teneur en phosphore n'est toutefois pas possible non plus ici.

C.4.2.4.1 ECHANTILLON 1 (OOLITHES INDUREES)

La matière de départ de cet échantillon présentait une teneur en Fe de 49,96 %. A la densité 3,45 g/cm<sup>3</sup>, le rendement a été de 73,85 % en masse et de 77,53 % en Fe, pour une teneur en Fe de 52,46 %. (Voir annexe C-27).

C.4.2.4.2 ECHANTILLON 2 (OOLITHES TENDRES)

L'échantillon présentait une teneur en Fe de 45,39 %. A une densité 3,45 g/cm<sup>3</sup>, le rendement a été de 70,28 % en masse et de 80,03 % en Fe, pour une teneur en Fe de 51,69 % (voir annexe C-28).



C.4.2.5 ENRICHISSEMENT SUR BAC DE LAVAGE

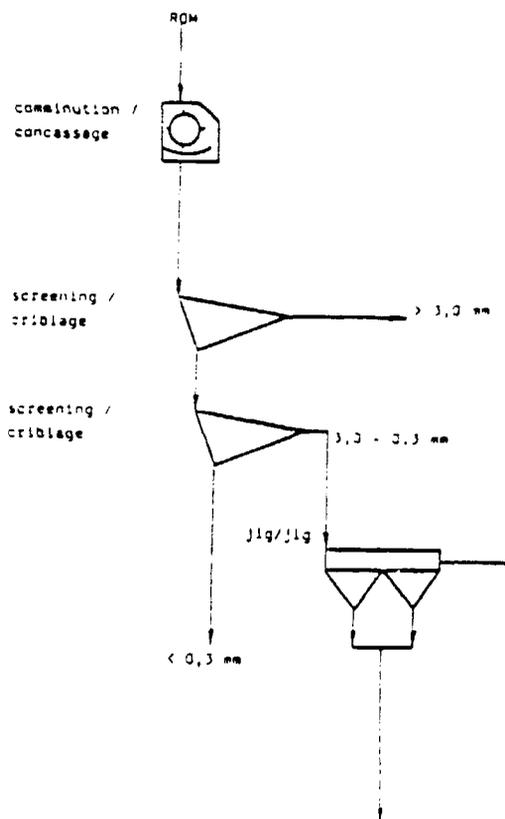


Fig. C-19: Représentation schématique du traitement par bac de lavage

Sur le bac de lavage, les essais ont été effectués pour la concentration du fer dans la fraction 3 mm à 0,5 mm.

Des essais préliminaires ont montré que l'enrichissement était possible. Le résultat de séparation est toutefois nettement inférieur à celui obtenu par le procédé de séparation en milieu dense (liqueurs denses). Le taux de phosphate n'a pas été abaissé comme il fallait s'y attendre.

En raison de ces résultats, les essais sur bac de lavage n'ont pas été poursuivis.



C.4.2.6 ENRICHISSEMENT PAR SEPARATION MAGNETIQUE HUMIDE A HAUTE INTENSITE

La séparation magnétique a été examinée comme autre moyen d'enrichissement du minéral de fer et de production d'un concentré.

C.4.2.6.1 FRACTION GRANULOMETRIQUE 0,5 A 0 mm

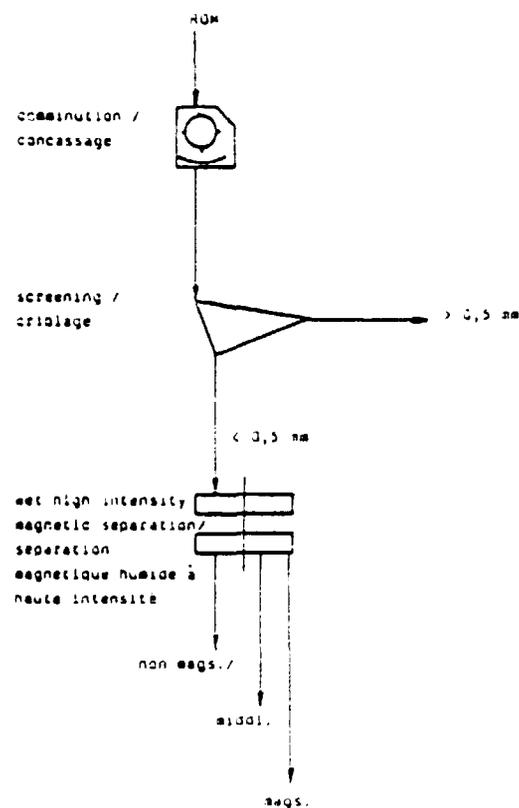


Fig. C-20: Schéma du traitement de la fraction 0,5 à 0 mm.



Pour les essais, il a été choisi la fraction 0,5 mm en provenance du concasseur à marteaux.

Au cours des différents essais, l'intensité magnétique a été modifiée, alors que la quantité alimentée et la densité de la pulpe sont restés inchangés. Les intensités magnétiques étaient de 1,5 / 1,2 / 0,8 tesla.

L'essai a montré qu'au fur et à mesure que l'intensité magnétique baisse le rendement en masse tout comme le rendement en Fe diminuent, les teneurs en matière de valeur dans le produit magnétique ne changeant pour ainsi dire pas.

Echantillon 1 (Oolithes Indurees)(annexes C-29 à C-31 )

Le produit d'alimentation de cet échantillon présentait une teneur en Fe de 41,59 %.

A une intensité magnétique de 1,2 tesla, il a été obtenu un produit magnétique optimal renfermant 53,37 % de Fe, pour des rendements en masse de 41,70 % et en Fe de 56,06 %.

Echantillon 2 (Oolithes Tendres)(annexes C-32 à C-34)

Ici, le produit d'alimentation présentait seulement 22,81 % de Fe. A une intensité magnétique de 1,2 tesla, il a été obtenu un produit magnétique avec 42,19 % de Fe. Le rendement en masse était ici de 23,97 % et le rendement en Fe de 47,95 %.



C.4.2.6.2 MINERAI TOUT-VENANT BROYE A 0,1 - 0 mm

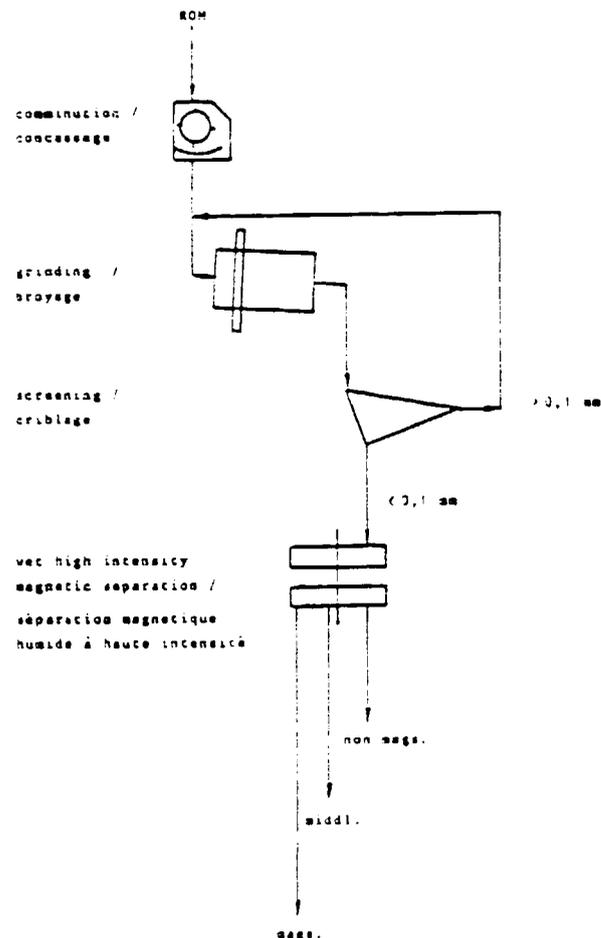


Fig. C-21: Schéma de traitement du minerai tout-venant broyé (0,1 - 0 mm)

Afin d'examiner d'autres applications de la séparation magnétique pour l'enrichissement du fer, une partie de chaque échantillon du tout-venant a été réduite à < 0,1 mm. Les annexes C-35 (échantillon 1) et C-36 (échantillon 2) montrent les analyses granulométriques des produits broyés avec les teneurs en Fe des différentes fractions. Le fractionnement a été effectué par broyeur à marteaux et broyage consécutif dans un broyeur à boulet de laboratoire avec criblage du produit broyé et recyclage du refus de criblage. Le fractionnement dans le broyeur à marteau a été fait avec une matière à l'état sec, le broyage et le criblage par voie humide.



Echantillon 1 (Oolithes Indurées)

La matière réduite à < 0,1 mm a été soumise aux essais dans le séparateur magnétique à des intensités de 1,5 / 1,2 et 1,0 tesla. Pour un réglage d'intensité de 1,2 tesla, il a été obtenu la teneur en Fe la plus élevée dans le concentré (produit magnétique) de 54,20 %. Le rendement en masse était de 61,47 %, le rendement en Fe de 67,20 %. Pour tous les trois essais, la teneur en Fe dans les mixtes, soit 44,88 %, 46,19 % et 47,41 % était encore relativement élevée. Une récapitulation des résultats est donnée dans les annexes C-37 à C-39.

L'échantillon 2 (Oolithes Tendres)

n'a pas été examiné séparément pour cet essai, car il fallait s'attendre à des résultats analogues.

C.4.2.6.3 MELANGE DE MINERAI BROYE DES ECHANTILLONS 1 ET 2 (0,1 - 0 mm)

Au cours d'un autre essai portant sur la possibilité de recours à la séparation magnétique, le produit fractionné (< 0,1 mm) des échantillons 1 et 2 a été mélangé dans un rapport 1 : 2. Ce produit de mélange a été séparé par séparateur magnétique humide à trois intensités magnétiques différentes (1,5 / 1,2 / 1,0 tesla). Il a pu être obtenu, à 1,5 tesla, un produit magnétique avec 52,37 % de Fe. Le produit alimenté présentait 45,37 % de Fe. Le rendement en masse était de 59,39 % et le rendement en Fe de 68 %. Les résultats de ces essais figurent dans les annexes C 40 - C 42.

**C.4.2.6.4 MINERALI TOUT-VENANT BROYE ET DESCHLAMME**  
(0,1 - 0,02 mm)

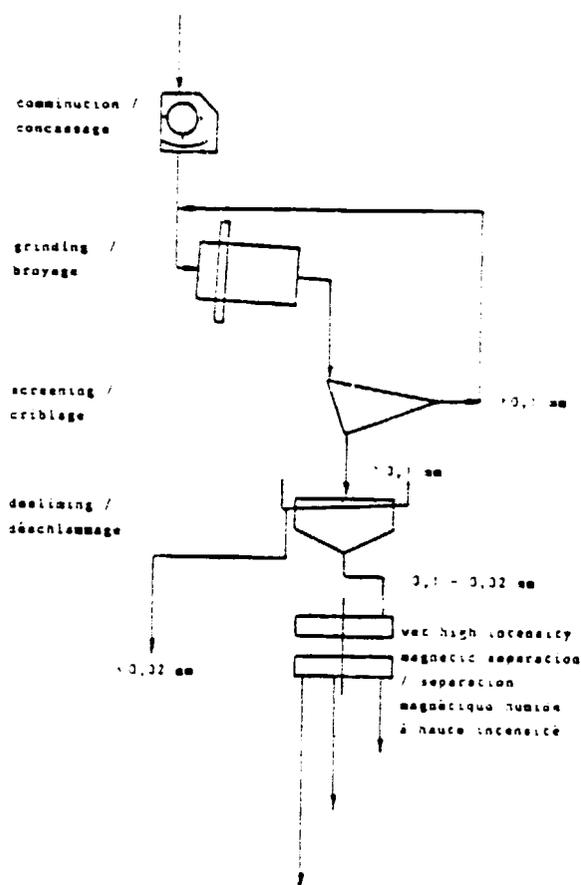


Fig. C-22: Schéma de traitement du minerai tout-venant broyé et deschlammé.

Analoguement aux essais avec la matière de la fraction  $< 0,1$  mm d'autres essais de séparation magnétique ont été effectués, le produit soumis aux essais ayant été deschlammé à une coupure de 20  $\mu$ m.



Echantillon 1 (Oolithes Indurées)

Lors des essais à 1,5 et 1,2 tesla, le produit alimenté présentait déjà, en raison du déschlammage, 52,68 % de Fe. Il a pu être obtenu ici à 1,2 tesla un produit magnétique avec 54,50 % de Fe. Les mixtes présentaient ici 52,27 % de Fe. Voir annexes C-43 et C-44.

C.4.2.6.5 PRODUIT DE MELANGE DES ECHANTILLONS 1 ET 2 BROYE ET DESCHLAMME (0,1 - 0,02 mm)

Pour pouvoir effectuer une comparaison avec les essais réalisés avec du produit non déschlammé, les essais avec les mixtes des échantillons 1 et 2 ont également été effectués avec des mixtes déschlammés, à des intensités magnétiques de 1,5 et 1,2 tesla. Le rapport de mélange de 1 :2 a été conservé. Ici, il a pu être obtenu une teneur en Fe maximale dans le produit magnétique de 53,18 %, le produit alimenté déschlammé renfermant 48,52 % de Fe.

Le rendement en masse était ici de 58,85 % et le rendement en Fe de 63,74 %. Les annexes C-45 et C-46 donnent une récapitulation des résultats d'essais.

C.5 APPRECIATION DES RESULTATS D'ESSAIS

Deux aspects doivent être pris en considération pour une appréciation critique des résultats d'essais:

- l'appauvrissement en phosphore du minerai et
- l'enrichissement en fer avec un rendement en fer optimal.

C.5.1 APPAUVRISSEMENT EN PHOSPHORE

Il ressort clairement des résultats de l'examen minéralogique relatifs à la structure du minerai que l'isolement et l'élimination du phosphore par des procédés minéralurgiques est à exclure:

Dans le minerai on trouve le phosphore régulièrement et finement réparti à l'intérieur des oolithes. Le porteur de phosphore est le minéral goethite, qui est simultanément aussi le porteur prioritaire de fer.

Une concentration de goethite entraîne donc obligatoirement aussi une augmentation de la teneur en phosphore et non une diminution.

Cette constatation vaut aussi bien pour les Oolithes Indurées (échantillon 1), que pour les Oolithes Tendres (échantillon 2).

#### C.5.2 CONCENTRATION DU MINERAL DE FER

Du point de vue sidérurgique, un enrichissement du fer est souhaité en vue d'abaisser le taux de scories et par conséquent la consommation d'énergie. Le taux augmenté de phosphore, de l'ordre de grandeur rencontré ici de 1,8 % à 2 % ou 2,2 % de  $P_2O_5$ , ne joue alors qu'un rôle secondaire.

#### C.5.2.1 ENRICHISSEMENT

En ce qui concerne l'enrichissement des minéraux de fer, les essais ont été concluants. Les teneurs de 52 % à 54 % de  $Fe_{total}$ , pour des pertes au feu de 13,5 % à 14,2 %, provenant de l'eau d'hydratation de la limonite et de la kaolinite, peuvent être considérées comme de bonnes valeurs, si l'on considère qu'à côté de la goethite, les oolithes renferment également du quartz et, dans leurs fissures, de la kaolinite, en tout jusqu'à 5 %. Une augmentation limitée au-delà de ces valeurs de teneur en fer ne serait possible qu'au prix d'une pulvérisation des oolithes pour libérer ces impuretés. De tels essais n'ont pas été effectués, car un broyage du minerai poussé jusqu'à l'ordre de grandeur du micron serait lié à une importante dépense d'énergie, à l'échelle industrielle, pour le broyage même et pour la déshydratation. A cela s'ajoute, qu'à la finesse de libération requise, les rendements en fer baissent considérablement, alors que la teneur en fer n'augmente que faiblement.



Dans ces conditions, l'objectif ne peut être qu'un enrichissement aussi économique que possible du minerai, c'est-à-dire l'obtention de résultats optimaux avec des investissements et coûts d'exploitation minimaux. A cet effet, les possibilités de traitement suivantes ont été envisagées:

Une séparation de la fraction fine  $< 0,5$  mm du minerai tout-venant par classement apporte déjà un premier enrichissement en fer.

Le fractionnement du minerai à moins de 3 mm assure la libération de oolithes de leur pâte. En raison de la différence de dureté des oolithes et de la pâte, cette dernière subit un fractionnement nettement plus fin pour une même énergie de broyage et est enrichie dans la fraction inférieure à 0,5 mm.

L'attrition de la grosse fraction à la suite du criblage renforce encore l'effet d'enrichissement.

Les résidus de pâte adhérant encore aux oolithes après le broyage, sont enlevés par abrasion de leur surface par l'opération d'attrition et emportés par l'eau dans un bac de surverse.

Les essais d'augmentation de la teneur en fer par le procédé à liqueurs denses peuvent également être considérés comme positifs. En milieu dense, il est possible d'obtenir des teneurs en fer analogues à celles obtenues par les essais à l'aide de l'attrition. Comme toutefois le procédé à liqueurs denses est plus coûteux, comparé à l'attrition, et qu'il nécessite, en exploitation, un apport permanent de ferrosilicium, il ne devra pas être retenu pour le traitement du minerai en question au Niger.

Les essais préliminaires effectués sur le bac de lavage avec la fraction grossière (3 mm à 0,5 mm) ont, certes, donné un enrichissement en fer, mais comparé au résultat de la séparation par liqueurs denses, le résultat de séparation était plus mauvais. Les teneurs en Fe et le rendement en métal étaient inférieurs de quelques points.

Ce résultat ne devrait pas surprendre, car un grand nombre d'essais comparatifs avec d'autres minerais a montré que le procédé en milieu dense permet d'obtenir une précision de séparation plus élevée que sur le bac laveur.



Comme le fleuve Niger renferme de l'eau tout au long de l'année, nous avons admis que de l'eau pourrait être disponible en quantité suffisante pour un éventuel traitement humide du minerai. Compte tenu de cette hypothèse, il a été renoncé à la réalisation des essais de grillage magnétisant prévus dans le programme de travail dans l'éventualité d'un manque d'eau.

D'autre part, les bons résultats des essais avec recours à la séparation magnétique à haute intensité ont montré que le minerai présente une susceptibilité magnétique suffisamment élevée, qui rend superflu un traitement thermique coûteux au point de vue énergie.

Même par grillage magnétisant et broyage fin consécutif puis séparation magnétique, il n'est pas possible de réduire le taux de phosphore.

#### C.5.2.2 RENDEMENT

L'utilisation d'un séparateur magnétique à haute intensité conduit à une augmentation non négligeable du rendement en fer, si l'on soumet la fraction <math>0,5\text{ mm}</math> à ce procédé d'enrichissement.

Avec un réglage optimal de la machine et un traitement postérieur approprié des mixtes obtenus dans le séparateur magnétique, il est possible d'obtenir un produit fin de qualité relativement analogue à celle de la grosse fraction.

La quantité de concentré peut ainsi être augmentée de 14 à 15 %.

A cette réflexion s'oppose toutefois la nécessité d'un investissement supplémentaire plus élevé pour l'installation du séparateur magnétique humide à haute intensité et l'installation de broyage impérativement nécessaire alors.

#### C.5.3 CONCLUSIONS TIREES DES ESSAIS MINERALURGIQUES AU POINT DE VUE TECHNOLOGIQUE

L'analyse des résultats d'examen et d'essais a montré que les possibilités minéralurgiques de concentration encore plus élevée du fer sont limitées par le fait qu'après l'attrition, nécessaire de toute façon, les oolithes, en tant que porteurs proprement dit de fer, se présentent déjà à l'état pur.



D'autres procédés que ceux appliqués au cours des essais n'ont donc pas été pris en considération.

C.6 CONCEPTION D'UNE EXPLOITATION INDUSTRIELLE DU  
GISEMENT DE MINERAI DE FER

C.6.1 LAVABILITE DU MINERAI DE CHAQUE HORIZON

Du point de vue géologique, il faut noter que le minerai des Oolithes Indurées se laisse plus facilement concentrer que celui des Oolithes Tendres. La raison pourrait en être que dans le tout-venant déjà la teneur en fer diffère de 5 à 8 %. Le taux de masse de pâte est également supérieur dans les Oolithes Tendres, ce qui s'exprime par un taux nettement plus élevé de fines, et par conséquent aussi de matières inertes, dans l'échantillon 2.

La matière première de l'échantillon 2 (Oolithes Tendres) renferme une quantité double de grains inférieurs à 0,5 mm par rapport à l'échantillon 1 (Oolithes Indurées).

Le minerai de l'horizon inférieur exige donc soit un traitement plus intense que celui de l'horizon supérieur pour obtenir la même qualité, ou bien donnerait une qualité inférieure pour un même traitement, ce qui nuirait à la qualité du produit d'ensemble obtenu par mélange des concentrés tirés des Oolithes Indurées et des Oolithes Tendres.

Une diminution de la qualité du produit devrait toutefois être évitée pour les raisons invoquées de l'augmentation du taux de scories et des dépenses d'énergie lors du traitement métallurgique.

Ces réflexions et la constatation d'un contenu respectable du gisement conduisent, en conclusion aux résultats des examens et des essais, à considérer comme adéquat le procédé opératoire décrit au chapitre suivant.



Ce procédé permet d'obtenir un concentré de fer de la qualité suivante:

			(sans perte au feu)
	53,8 % Fe, total		61,1 % Fe, total
env.	2 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	env.	2,3 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
"	4 % SiO <sub>2</sub>	"	4,5 % SiO <sub>2</sub>

Des minerais de cette qualité, ne trouvent toutefois que difficilement un débouché sur le marché mondial.

Les qualités d'exportation, telles qu'elles sont exigées actuellement par les producteurs d'acier, présentent de 64 à 68 % de Fe et des teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> inférieures à 0,2 %.

C'est la raison pour laquelle les autres réflexions techniques et économiques devraient être orientées sur une utilisation des minerais sur place, dans le pays.

#### C.6.2 DETERMINATION D'UN FLOW-SHEET DE TRAITEMENT DU MINERAI DE FER DE SAY

Pour la production d'un minerai de fer traitable en usine, il ne conviendrait d'exploiter, au cours des premières années après la mise en service d'une usine métallurgique à projeter, que l'horizon supérieur du gisement.

Le minerai de l'horizon supérieur peut être traité par le procédé suivant, éprouvé à l'essai:

- extraction du tout-venant par boteurs et transport jusqu'à l'installation;
- 1er fractionnement à < 80 mm dans des concasseurs à mâchoires.
- 2ème fractionnement à < 3 mm dans des concasseurs à percussion;
- criblage du produit concassé;
  - = la fraction > 5 mm est recyclée au concasseur à percussion en circuit fermé,
  - = la fraction 0,5 mm est rejetée et stockée comme stériles à côté de la mine,
  - = la fraction 5 à 0,5 mm est soumise à l'attrition tambour débourbeur ou laveur),
- la surverse de l'attrition (boues) est stockée dans un bassin naturel;
- la grosse fraction de l'attrition (5 à 0,5 mm) est soit
  - = décantée dans un bassin de décantation et transportée dans une installation de broyage et de bouletage, soit
  - = directement broyée, à la suite de l'attrition, à la finesse de bouletage, épaissie, filtrée et séchée.



L'exploitation de l'horizon inférieur et la récupération du fer contenu dans les fines inférieures à 0,5 mm en provenance de l'horizon supérieur pourraient être entreprise quelques années après la mise en route.

Cela implique toutefois le recours au séparateur magnétique à haute intensité.

Le flow-sheet proposé est représenté, à la page suivante, pour les deux phases de réalisation, dans la fig. C-23.

#### C.7 CONFECTION DE CONCENTRES POUR LES ESSAIS SIDERURGIQUES

Conformément au Cahier des Charges, les propriétés sidérurgiques des minerais de fer de SAY, par conséquent des concentrés des minerais de fer, devaient également être examinées dans le cadre de la présente étude.

Pour cela, il a fallu confectionner une quantité importante de concentrés à partir des Oolithes Indurées et des Oolithes Tendres.

##### C.7.1 REALISATION DES ESSAIS

Compte tenu des résultats des essais individuels selon chapitre C.4 et de leur examen critique (chapitre C.5), les quantités de concentré requises ont été confectionnées selon schéma ci-après (Voir Annexes C 47):

- fractionnement du minerai tout-venant,
- classement à 3 mm,
- attrition de la fraction 3 à 0 mm,
- criblage du produit d'attrition sur un crible à 0,5 mm:
  - = la fraction 3 à 0,5 mm constitue le concentré I,
  - = la fraction 0,5 à 0 mm a été concentrée par séparateur magnétique humide à haute intensité, le produit magnétique ainsi obtenu constitue le concentré II.

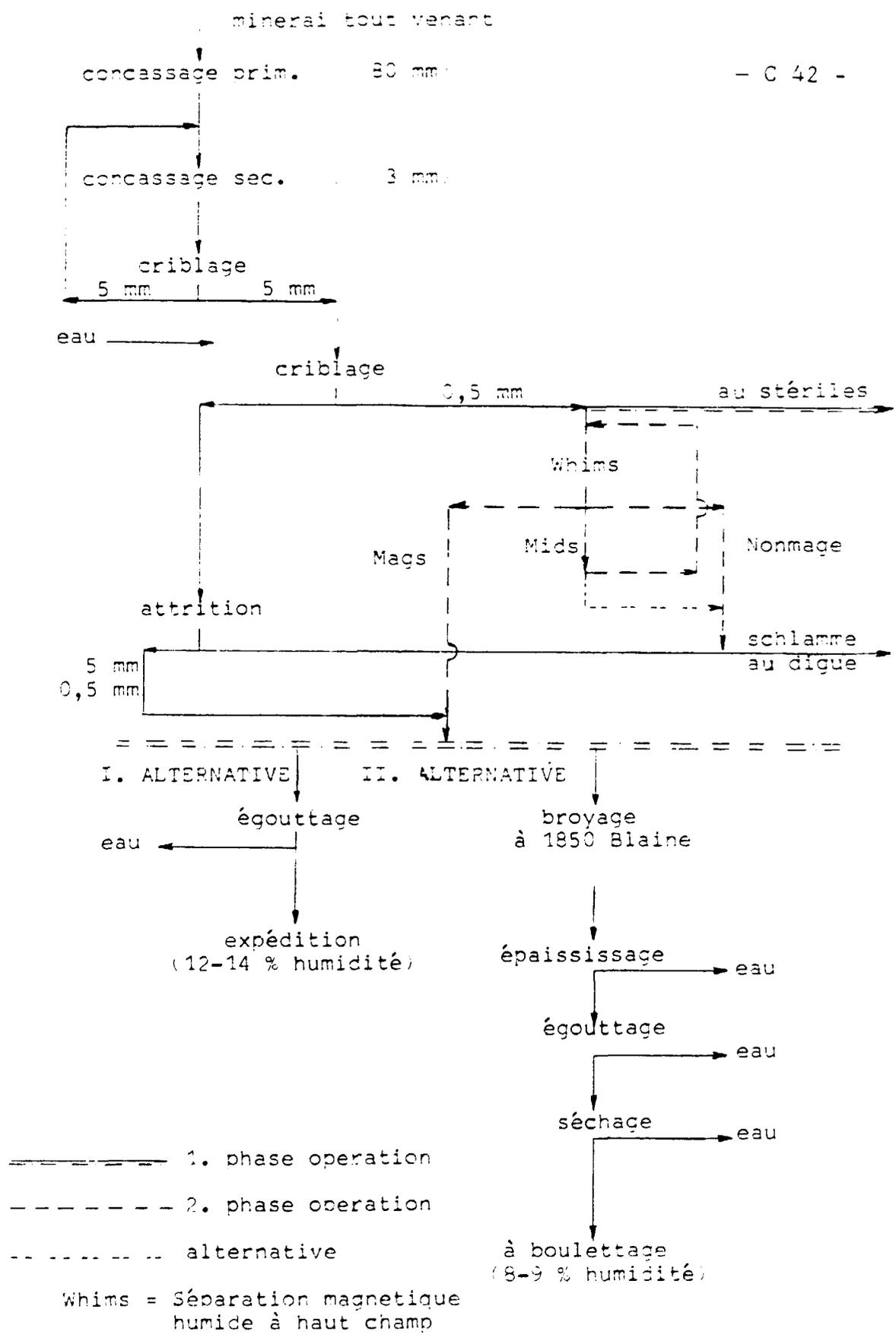


Fig. C. 23: SCHEMA DU TRAITEMENT PROPOSE  
MINÉRAI DE FER OOLITIQUE  
SAY, NIGER



C.7.2 RESULTATS

C.7.2.1 ECHANTILLON 1 (OOLITHES INDUREES)

A partir de la matière de l'échantillon 1 (Oolithes Indurées) il a été obtenu un concentré 1/I avec 53,72 % de Fe, pour un rendement en masse de 68,92 % et un rendement en Fe de 74,12 %.

Le concentré 1/II présentait 52,97 % en Fe, 16,95 % de rendement en masse et 17,97 % de rendement en Fe (les rendements se rapportant à l'alimentation en tout-venant de 100 %) (voir aussi annexe C-47).

C.7.2.2 ECHANTILLON 2 (OOLITHES TENDRES)

A partir de cet échantillon il a été obtenu un concentré 2/I avec 49,34 % en Fe, pour un rendement en masse de 72,43 % et un rendement en Fe de 85,72 %.

Le concentré 2/II présentait 46,47 % Fe, un rendement en masse de 3,81 % et un rendement en Fe de 4,25 % (les rendements se rapportent à l'alimentation en tout-venant).

Les résultats d'analyse figurent dans le tableau ci-après.

Composi- tion chimique	Teneur en % (masse) dans le concentré			
	1/I fraction 0,5-3 mm	1/II produit magnétique	2/I fraction 0,5-3 mm	2/II produit magnétique
Fe, total	53,72	52,97	49,34	46,47
Fe <sup>++</sup> "	traces	traces	traces	traces
SiO <sub>2</sub>	4,25	3,69	8,29	9,37
CaO	traces	traces	traces	traces
MgO	0,02	0,04	0,05	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,31	4,31	4,90	7,59
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,17	0,20	0,48
MnO	0,16	0,22	0,17	0,24
S	0,09	0,08	0,07	0,24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,15	1,97	2,37	2,10
K <sub>2</sub> O } Na <sub>2</sub> O }	0,30	0,35	0,31	0,33
F	traces	traces	traces	traces
Perte au feu	12,08	12,94	12,27	12,42

Tableau: Analyses chimiques des concentrés de minerai de fer.



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Partie D

Métallurgie



D.	Métallurgie	D 1
D.1	Essais de bouletage	D 1
D.2	Essais de bouletage	D 2
D.2.1	Matières premières et leur préparation	D 2
D.2.2	Production de boulettes vertes	D 3
D.2.3	Production de boulettes cuites	D 5
D.2.4	Contrôle de la qualité des boulettes cuites	D 9
D.3	Essais métallurgiques	D 16
D.3.1	Comportement métallurgique des boulettes de minerai de fer du Niger, l'agent réducteur étant un gaz	D 16
D.3.1.1	Résultats de l'essai RMC et commentaires	D 17
D.3.1.2	Résultats de l'essai DRDS et commentaires	D 19
D.3.2	Comportement métallurgique de boulettes de minerai de fer du Niger, l'agent réducteur étant un solide (charbon)	D 21
D.3.2.1	Résultats des essais de réduction avec un agent réducteur solide et commentaires	D 22
D.3.3	Réduction-fusion des boulettes de minerai de fer du Niger	D 24
D.3.3.1	Essais de réduction, de ramolissement et de fusion	D 26
D.3.3.2	Résultats de l'essai reas et commentaires	D 27
D.4	Conclusions sur les essais de bouletage et les essais métallurgique	D 30
D.4.1	Essai de bouletage	D 30
D.4.2	Essais de réduction	D 31
D.4.2.1	Réduction avec un agent réducteur gazeux	D 31



D.4.2.2	Réduction avec un agent réducteur solide	D 32
D.4.2.3	Réduction-fusion	D 32
D.5	Présentation de procédés de transformation pouvant entrer en ligne de compte	D 33
D.5.1	Généralités	D 33
D.5.2	Procédés d'élaboration du fer qui se prêtent à l'application dans la république du Niger	D 35
D.5.3	Le phosphore dans les boulettes de mineral de fer; SA tenue pendant les opérations sidérurgiques	D 39
D.5.4	Possibilités de dephosphoration de la fonte brute ou éponge de fer lors de l'affinage en acier	D 39



D. METALLURGIE

D.1 OBJECTIF

Dans le cadre du projet ONUDI No. DP/RAF/79/067 il devait - à côté des recherches géologiques-gîtologiques et minéralurgiques sur le minerai de fer de la République du Niger - être effectué également des essais de bouletage et des essais métallurgiques.

Les essais de bouletage et les essais métallurgiques\* ont pour but de fournir des informations sur la possibilité de produire des boulettes de qualité sidérurgique (en ce qui concerne leurs propriétés physiques) à partir de concentrés de minerai de fer de qualité inférieure, à faible teneur en fer (env. 50 - 53 % Fe), avec une proportion importante de gangue et une teneur en  $P_2O_5$  de 2,1 % relativement élevée. Les boulettes produites devaient être examinées quant à leurs propriétés métallurgiques afin d'obtenir ainsi la base pour la mise en oeuvre des boulettes dans le procédé de réduction directe ou le procédé de réduction-fusion en vue de la production d'éponge de fer ou de fonte brute. Dans le cadre de cette mission, il devait par ailleurs être présenté des solutions métallurgiques permettant de faire passer l'élément accompagnateur gênant - la teneur élevée en P - dans les scories et de produire de la sorte une fonte brute ou un acier pauvre en phosphore et une scorie riche en phosphore (par ex. scorie phosphatée). Les investissements pour une petite usine sidérurgique d'une production annuelle d'env. 100.000 t d'acier le procédé retenu sont évalués.

---

\*Les essais de bouletage et les essais métallurgiques ont été effectués chez la STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG, Othfresen/R.F.A., KHD en ayant assuré la direction.



D.2 ESSAIS DE BOULETAGE

D.2.1 MATIERES PREMIERES ET LEUR PREPARATION

Quatre échantillons de concentrés différents et de granulométrie différente (deux échantillons 0,5-3 mm et deux échantillons < 0,5 mm) ont été préparés. Les analyses chimiques de ces échantillons sont reproduites dans la partie "Minéralurgie" du présent Rapport (chapitre C.7). Après séchage, les 4 échantillons ont été mélangés dans les proportions correspondant à leur présence dans le gisement afin de disposer d'un mélange de concentrés utilisable pour la mise en boulettes.

L'analyse chimique de l'échantillon composé est la suivante:

Fe <sub>total</sub>	51,2 %
SiO <sub>2</sub>	7,35 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,30 %
CaO	0,09 %
MgO	0,09 %
MnO	0,45 %
TiO <sub>2</sub>	0,15 %
Na <sub>2</sub> O	0,01 %
K <sub>2</sub> O	0,02 %
S	0,03 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,1 %
Perte au feu	12,30 %

L'échantillon composé est encore trop grossier pour la mise en boulettes. Avant de procéder au broyage à la finesse requise pour le bouletage (env. 1800 cm<sup>2</sup>/g Blaine), l'échantillon a été soumis à un premier broyage dans un broyeur à cylindres lisses le réduisant à 100 % < 0,5 mm soit à 300 cm<sup>2</sup>/g Blaine.

Le broyage à la finesse requise a été effectué en discontinu dans un broyeur à boulets Voest-Alpine, modèle de laboratoire, dont la spécification était la suivante:

Dimensions:	800 mm de diamètre, 160 mm de large
Charge de boulets:	80 kgs
Diamètre des boulets:	16 - 40 mm
Vitesse de rotation:	30 tr/mn
Poids de la charge:	25 kg



Chaque charge a été broyée durant 20 minutes env., après quoi la finesse demandée pour le bouletage (env. 1850  $\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine) a été atteinte. Le tableau 1 donne la composition granulométrique après broyage fin. La fig. D-1 montre la courbe granulométrique du concentré à bouleter.

Diamètre des grains $\mu\text{m}$	en masse %	en masse cumulés %
100	36.0	36.0
100 - 63	13.4	49.4
63 - 40	10.1	59.5
40 - 25	7.4	66.9
25	33.1	100.0

Tableau D-1: Composition granulométrique du concentré à bouleter, broyé à 1850  $\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine

On peut conclure de la durée de broyage fin de 20 minutes que le minerai est tendre et qu'il est relativement facile à broyer. La consommation spécifique d'énergie du broyage fin est de 4 à 5 kWh/t.

#### D.2.2 PRODUCTION DE BOULETTES VERTES

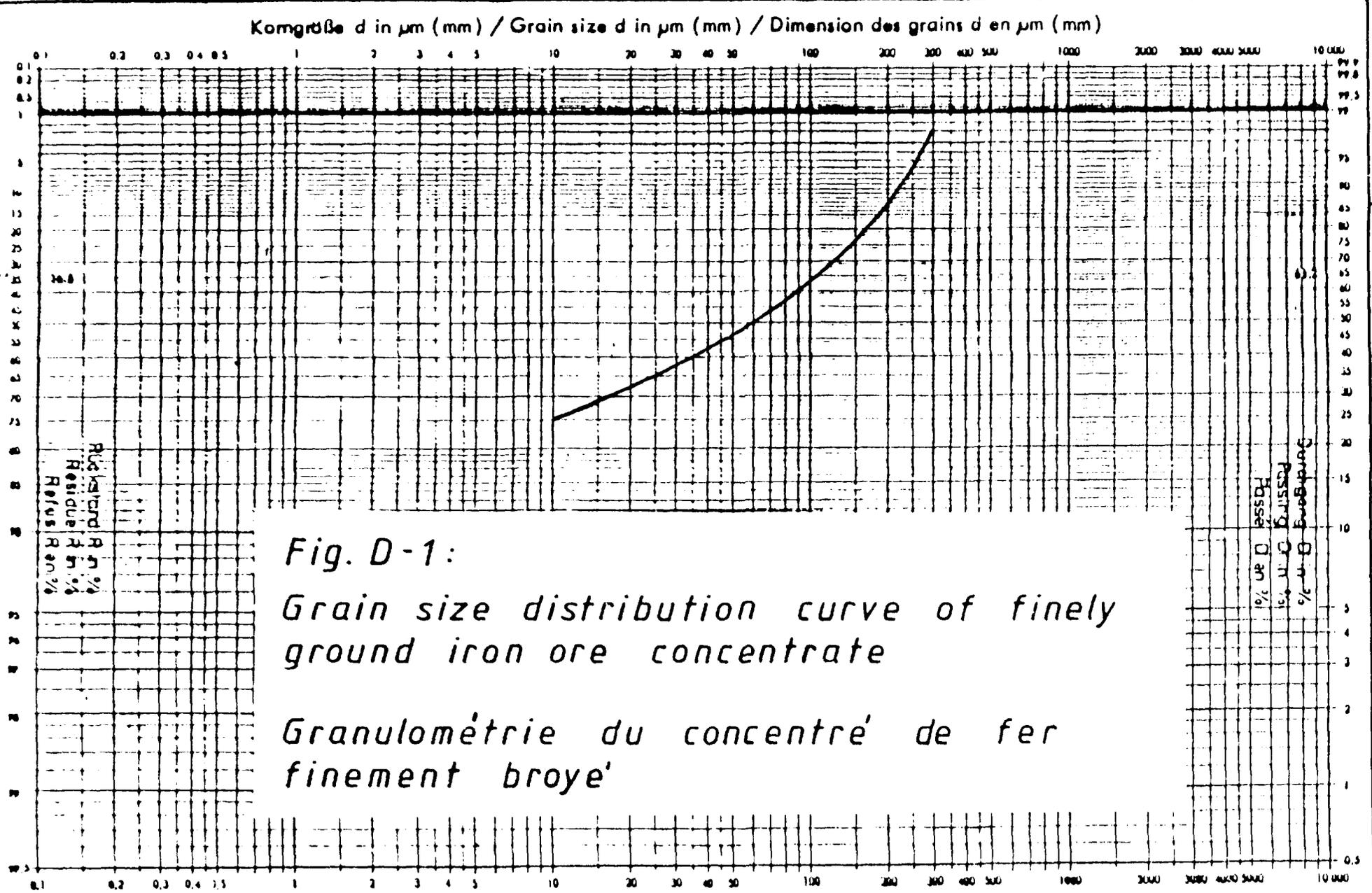
Au moyen d'un mélangeur à circulation forcée, le concentré fin a été mélangé intimement avec les liants d'agglomération, les ajouts nécessaires pour corriger la basicité des boulettes (rapport  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ ) et avec de l'eau servant d'humidifiant. Le bouletage a été effectué sur un plateau de 1 m de diamètre. Le diamètre des boulettes vertes s'élevait en moyenne à 10 mm. Six échantillons différents de boulettes vertes (chaque échantillon pesant une cinquantaine de kilos) ont été composés, cuits et analysés.

Les boulettes vertes ont été examinées quant à leur teneur en humidité, l'indice de chute et leur résistance avant et après séchage. Le tableau 2 donne les caractéristiques physiques des boulettes vertes.

Stoff: \_\_\_\_\_  
 Material: \_\_\_\_\_  
 Produkt: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_  
 Customer: \_\_\_\_\_  
 Client: \_\_\_\_\_

Maschine: \_\_\_\_\_  
 Machine: \_\_\_\_\_  
 Appareil: \_\_\_\_\_



Residuum R n %  
 Résidu R n %  
 Refus R n %

Sandgang S n %  
 Passage P n %  
 Passe P n %

Fig. D-1:  
 Grain size distribution curve of finely ground iron ore concentrate

Granulométrie du concentré de fer finement broyé



Körnnetz / Grading graph  
 Diagramme granulométrique

D-4



En premier lieu, il a été préparé un échantillon sans la moindre addition de liants ou d'ajouts (échantillon NEP 1). La résistance avant et après séchage des boulettes produites était encore tout juste acceptable. Tous les autres échantillons ont été additionnés de liants et/ou d'ajouts dans le but d'améliorer la qualité des boulettes.

### D.2.3 PRODUCTION DE BOULETTES CUITES

La cuisson des boulettes vertes a été effectuée dans un appareil spécialement conçu à cet effet et connu sous le nom "POT-GRATE". Cet appareil permet de simuler la cuisson des boulettes dans des conditions contrôlées, voisines de la pratique. La qualité des boulettes cuites correspond par conséquent à celle des boulettes produites à l'échelle industrielle.

Le pot de l'appareil expérimental a un diamètre de 300 mm. L'épaisseur totale du lit de boulettes était de 400 mm dont 270 mm de boulettes vertes et 130 mm de boulettes cuites placées sur la grille.

Etant donné que le "POT-GRATE" est connu maintenant mondialement par les spécialistes en sidérurgie, nous renonçons à donner une description de son principe de fonctionnement dans le cadre du présent rapport.

La fig. D-2 montre une photo de cet appareil de cuisson.

Echantillon	No.	NEP1	NEP2	NEP3	NEP4	NEP5	NEP6
<u>Propriétés de boulettes</u>							
Indice de Blaine	cm <sup>2</sup> /g	1850	1850	1850	1850	1850	1850
% en masse 40 um		40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
<u>Ajouts</u>							
Bentonite	( 100 um) %, sec	-	-	0,7	0,7	-	0,7
Calcaire	( " ) %, sec	-	2,0	2,0	-	-	2,0
Chaux hydratée	( " ) %, sec	-	-	-	1,2	1,2	-
Charbon de bois	( 160 um) %, sec	-	-	-	-	-	1,0
<u>Boulettes vertes</u>							
Teneur en eau	%	12,2	10,8	13,4	14,0	11,9	13,6
Indice de chute (45 cm de hauteur)		4,8	5,2	20,5	10,3	4,7	23,1
Résistance avant séchage	daN/P	0,8	0,9	1,1	0,9	0,9	1,2
Résistance après 3 chutes de cm de hauteur	daN/P	0,6	0,7	0,9	0,8	0,6	0,9
Résistance après séchage	daN/P	2,4	2,4	4,5	2,8	1,5	5,8
Masse volumique apparente	t/m <sup>3</sup>	1,74	1,74	1,72	1,73	1,65	1,77

Tableau D-2: Propriétés physiques de boulettes vertes

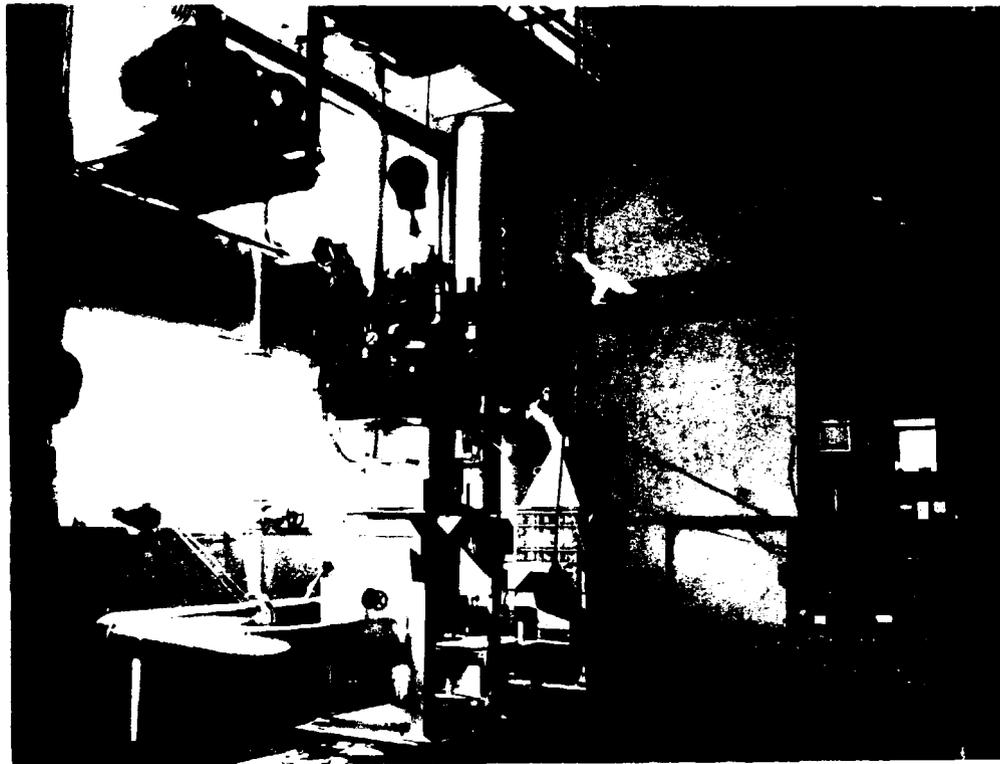


Fig. D-2: Appareil pour la cuisson des boulettes (pot-grate) avec tableau d'instrumentation

Par suite de la nature goethitique-limonitique du minerai de fer en question et de la présence importante d'eau combinée en résultant ainsi que de l'addition d'humidifiant pour le bouletage, les boulettes vertes contiennent beaucoup d'eau.

C'est la raison pour laquelle le séchage des boulettes vertes et la montée en température doivent se faire avec beaucoup de précaution. Pour cela nous nous sommes inspirés d'une installation industrielle traitant un minerai comparable. La durée de cuisson a été choisie en fonction de la température de la couche inférieure de boulettes.

Le cycle de cuisson complet qui se déroule de la même façon que celui d'une bande d'agglomération est reproduit dans le tableau D-3.



Opération	Température °C	Temps min	Pression Pa
Séchage en courant ascen- dant	300	4	4415
Séchage en courant descen- dant	280	3	3434
Montée en température I	280 à 650°C	6	4415
Montée en température II	650 à 1340°C	1	4415
Cuisson	jusqu'à t = 1300°C dans la couche inférieure	variable	4415
Postcuisson	Air ambiant	jusqu'à ce que la température dans la couche inférieure diminue à nouveau	4415
Refroidissement	Air de 20°C	jusqu'à ce que la température des boulettes (couche interm.) atteint 100°C	4905

Tableau D-3: Cycle de cuisson de boulettes de minerai de fer



Le tableau D-4 montre les températures choisies ainsi que la teneur en O<sub>2</sub> des fumées pendant l'opération de cuisson.

Echantillon No.	NEP1	NEP2	NEP3	NEP4	NEP5	NEP6	
Conditions de cuisson							
Température des gaz chauds	°C	1280	1250	1250	1260	1260	1260
Température dans le lit de boulettes							
- couche sup.	°C	1355	1350	1345	1340	1345	1350
- couche inf.	°C	1325	1340	1340	1335	1340	1335
Température dans le lit sur grille	°C	1255	1310	1315	1320	1315	1260
Température en fin de cuisson	°C	1320	1340	1340	1335	1340	1335
Teneur mini en O <sub>2</sub> des fumées	%	16,0	17,3	16,0	15,5	17,9	15,6

Tableau D-4: Températures et teneurs en O<sub>2</sub> pendant la cuisson des boulettes de minerai de fer du Niger

#### D.2.4 CONTROLE DE LA QUALITE DES BOULETTES CUITES

Les boulettes cuites ont été examinées quant à la masse volumique apparente, la composition granulométrique, la dégradation et l'attrition dans un tambour suivant ISO, la résistance à la compression à froid, la porosité et la composition chimique. La résistance à la compression à froid a été déterminée séparément pour les couches supérieures, intermédiaires et inférieures. Tous les autres examens ont porté sur l'ensemble de la charge. Le tableau 5 donne la capacité de cuisson ainsi que les résultats du contrôle de la qualité des boulettes cuites. Il en ressort notamment que l'échantillon NEP 1 sans liant ni ajout a donné, après cuisson, des résultats totalement insuffisants tant pour la résistance au tambour ISO que pour la résistance à la compression.



Pour l'essai sur l'échantillon NEP 2, ce dernier a été additionné de 2 % de calcaire comme ajout afin d'augmenter la basicité des boulettes. L'examen des boulettes vertes a donné des résultats comparables à ceux de l'essai NEP 1, mais la qualité des boulettes cuites a été sensiblement améliorée par l'addition de calcaire. C'est ainsi que nous avons trouvé une résistance au tambour de 93,9 % et une résistance à la compression à froid de 348 daN/P en moyenne.

Un troisième essai (NEP 3) a été effectué avec une addition de 0,7 % de bentonite et 2 % de calcaire. Par l'addition de bentonite, les propriétés de boulettes vertes se sont améliorées et présentent maintenant des valeurs satisfaisantes. Les boulettes cuites sont caractérisées par une résistance au tambour optimale (96,2 %), une abrasion de 2,9 % et une résistance à la compression à froid qui se situe en moyenne à 361 daN/P.

Pour deux autres essais - NEP 4 et NEP 5 - le calcaire a été remplacé par de la chaux hydratée. NEP 4 a été effectué avec addition de bentonite (0,7 %) et NEP 5 sans addition de bentonite. Du fait de l'addition de bentonite, NEP 4 a donné de très bons résultats pour les boulettes vertes et cuites par rapport à NEP 5 sans addition de bentonite.

Compte tenu de caractère goethitique-limonitique du minerai de départ, la capacité spécifique de cuisson a été très faible lors de tous les essais (env. 10 - 12 t par mètre carré de surface de cuisson et 24 h). La cuisson demande énormément d'énergie, ce qui est très typique pour des minerais de ce genre.

L'addition de charbon de bois s'est avérée utile pour augmenter la capacité de cuisson. Un essai correspondant (NEP 6) a été effectué avec addition de 1 % de charbon de bois du Brésil. Pour ce même essai, il a été ajouté aussi 0,7 % de bentonite et 2 % de calcaire aux boulettes. Les propriétés physiques des boulettes vertes et cuites étaient suffisantes. Mais nous avons dû constater qu'une addition de charbon de bois ne permet pas d'augmenter sensiblement la capacité de cuisson. Même si l'on optimise davantage l'opération de cuisson, la capacité de cuisson sera toujours inférieure à celle obtenue avec des concentrés magnétiques et hématitiques normaux.

Du fait des quantités relativement importantes de laitier dans les boulettes qui ont leur origine dans la teneur en gangue, la porosité était assez faible (en moyenne 21-22 %). Normalement la porosité de boulettes de minerai de fer se situe en moyenne à 25 % environ.

L'analyse chimique des boulettes cuites a été faite sur l'échantillon NEP 3 dont les boulettes avaient été additionnées de 0,7 % de bentonite et 2 % de calcaire (voir tableau D-6). Du fait de la forte teneur en gangue du minerai de départ, les boulettes cuites contenaient seulement 57,1 % Fe. La teneur en  $\text{SiO}_2$  (8,85 %) et la teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (5,10 %) étaient par contre très élevées. Par suite de l'addition de 2,0 % de calcaire, la teneur en CaO de 0,1 % du concentré de départ est montée à 1,24 % dans les boulettes. La teneur en P est élevée (1,1 %); par contre, les teneurs en S et  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  sont relativement faibles (S = 0,01 % et  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,08$  %). Les boulettes cuites présentaient une basicité CaO:SiO<sub>2</sub> de 0,14. Il n'a pas été procédé à la préparation de boulettes basiques d'une basicité d'env. 0,8 - ce qui avait été prévu à l'origine - parce que la très forte teneur en  $\text{SiO}_2$  aurait demandé l'addition de quantités importantes de calcaire (env. 7 %). Ceci signifie encore moins de fer dans les boulettes, ce qui se répercuterait négativement sur la production de fonte ainsi que sur les frais de production.



Echantillon No.	Dimension	NEP1	NEP2	NEP3	NEP4	NEP5	NEP6	
<u>Resultat</u>								
<u>Composition des boulettes</u>								
	% sec							
Bentonite	100 µm	-	-	0,7	0,7	-	0,7	
Calcaire	100 µm	-	2,0	2,0	-	-	2,0	
Chaux hydratée	100 µm	-	-	-	1,2	1,2	-	
Charbon de bois	160 µm	-	-	-	-	-	1,0	
Capacité spéc. de cuisson	t/m <sup>2</sup> . 24 h	12,0	10,9	10,0	9,1	9,6	11,4	
Masse volumique apparente	t/m <sup>3</sup>	1,73	1,67	1,71	1,69	1,64	1,73	
<u>Composition granulométrique</u>								
16	mm	% masse	1,8	11,8	18,4	12,9	20,7	11,2
16 - 12.5	mm	% " "	13,3	16,2	29,2	33,7	10,6	17,9
12.5 - 10	mm	% " "	65,9	42,7	36,2	37,2	40,3	50,1
10 - 6.3	mm	% " "	18,3	28,9	15,8	16,1	27,0	20,7
6.3	mm	% " "	0,7	0,4	0,4	0,1	1,4	0,1
Résistance en tambour ISO	6.3 mm	% masse	66,4	93,9	96,2	95,6	92,9	93,6
Abrasion	0.5 mm	% " "	27,5	4,4	2,9	3,5	4,6	5,4
<u>Résistance à la compression à froid</u>								
Moyenne Lit entier	daN/P	160	348	361	386	287	225	
Moyenne Couche supérieure	"	303	388	420	390	363	321	
Moyenne Couche intermédiaire	"	135	372	309	422	293	213	
Moyenne Couche inférieure	"	44	285	354	348	206	143	
Porosité ouverte		21,2	22,8	20,4	21,2	20,4	22,1	

Table D-5: Capacité de cuisson et propriétés physiques des boulettes cuites.

	% en masse
Fe <sub>tot</sub>	57,1
FeO	0,6
SiO <sub>2</sub>	8,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,10
CaO	1,24
MgO	0,13
P	1,1
S	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,04
K <sub>2</sub> O	0,04
MnO	0,53
TiO <sub>2</sub>	0,21
Rapport CaO : SiO <sub>2</sub>	0,14
" CaO+MgO:SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10

Table D-6: Analyse chimique de l'échantillon de boulettes cuites NEP3 additionné de 0,7 % de bentonite et 2 % de calcaire

A titre d'exemples, le tableau D-7 indique la composition chimique que devrait présenter des boulettes pour la réduction directe telle que nous la voyons actuellement. La comparaison des boulettes de qualité normale avec ceux produits à partir du minerai de fer du Niger montre l'infériorité de ces boulettes de minerai de fer en ce qui concerne leur faible teneur en Fe et leur teneur élevée en P, teneurs auxquelles s'ajoute l'importante proportion de gangue. Ainsi les boulettes de minerai du Niger ne présentent pas la qualité requise pour l'exportation. Selon toute vraisemblance, il faudra les fondre au Niger à des coûts élevés tant pour l'énergie que pour l'élimination du phosphore.

Sorte de boulettes	LKAB (MPRD) Suède	CVRD Brésil	SAMARCO Brésil	HIERRO PERU Péru	FIRE LAKE Canada	SAY Niger
<u>Analyse chimique</u>	%	%	%	%	%	%
Fe <sub>tot</sub>	67,1	68,0	67,6	67,5	67,5	57,1
SiO <sub>2</sub>	1,2	1,46	1,4	1,5	1,9	8,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4	0,79	0,9	0,6	0,4	5,10
CaO	1,1	0,5	2,0	0,4	0,5	1,24
MgO	0,8	0,2	0,3	0,6	0,4	0,13
P	0,015	0,026	0,027	0,01	0,008	1,10
S	0,01	0,01	0,015	0,018	0,01	0,01
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,08	0,05	-	0,01	0,21
<u>Propriétés physiques</u>						
Résistance en tambour ISO % en masse	95	95	95	95	94,5	96,2
Abrasion % en masse	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	2,9
Résistance à la compres- sion à froid daN/P	260	440	400	250	200	361

Tableau D-7: Spécifications chimiques et physiques de boulettes aptes à la réduction directe, par ex. procédé MIDREX

La figure D-3 donne une photo des boulettes cuites de l'échantillon NEP 3, grosseur 10-16 mm. La figure D-4 est une photo de boulettes cuites coupées, grossissement 6,5 x.



Fig. D-3: Boulettes cuites, échantillon NEP 3  
Grossissement 1:1

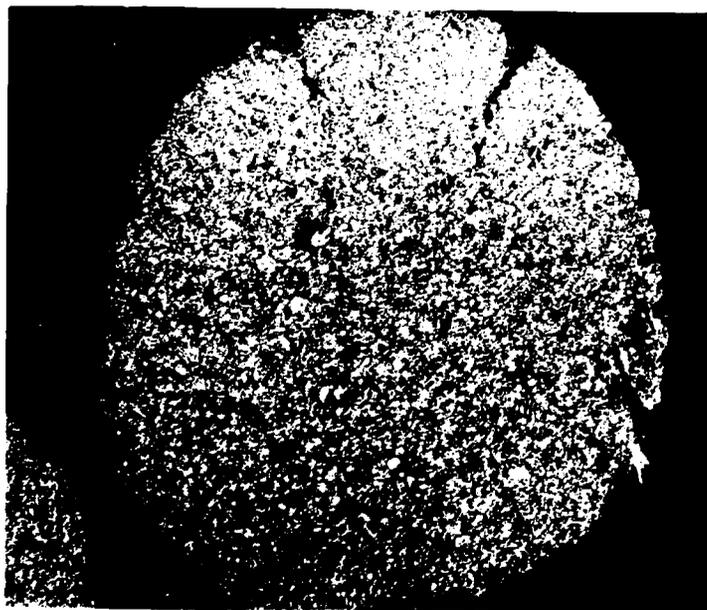


Fig.D-4: Photo d'une surface polie de boulettes  
cuites échantillon NEP 3

D.3 ESSAIS METALLURGIQUES

D.3.1 COMPORTEMENT METALLURGIQUE DES BOULETTES DE MINERAI DE FER DU NIGER, L'AGENT REDUCTEUR ETANT UN GAZ

Il existe d'importants procédés de réduction directe, appliqués depuis quelques années à l'échelle industrielle, tels que le procédé MIDREX et le procédé HYL, qui utilisent un gaz comme agent de réduction. Ce gaz qui comprend essentiellement du CO et du H<sub>2</sub> est produit par décomposition thermique de CH<sub>4</sub> ou gaz naturel (pétrole) par CO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>O en présence d'une température déterminée.

Il est possible de déterminer le comportement des boulettes pendant la réduction pour juger de leur aptitude à la réduction directe. Ceci peut se faire en laboratoire dans des réacteurs de réduction par simulation des conditions de température et de gaz. Pour ces essais, il existe maintenant des méthodes normalisées, élaborées par 'International Organization for Standardization' (ISO) et acceptées par les milieux professionnels.

C'est ainsi que la proposition ISO No. ISO/TC 102/C 3 (DE-26) 429 E de novembre 1978 concerne par exemple la détermination de la réductibilité, du degré de métallisation et de la tendance à former des grappes. Cette proposition est connue des milieux professionnels sous l'appellation Test RMC (Reducibility-Metallisation-Clustering).

La proposition ISO No. ISO / TC 102 / SC 3 (DE-25) 428 E de novembre 1978 concerne la désintégration des boulettes pendant la réduction directe. Cette proposition est connue des milieux professionnels sous l'appellation Test DRDS (Direct-Reduction-Disintegration-Strength).

La description de la méthode d'essai et des appareils d'essai proposés pour les Tests RMC et DRDS peut être demandée à la "STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG," Othfresen, R.F.A.

D.3.1.1 RESULTATS DE L'ESSAI RMC ET COMMENTAIRES

La sorte de boulettes NEP 3 qui a fourni les résultats de cuisson optimaux a servi pour déterminer la réductibilité, la tendance à former des grappes ainsi que la métallisation. Les résultats correspondants sont donnés dans le tableau 8. L'essai a été effectué en présence de 3 températures différentes, à savoir 850, 900 et 950 °C. Comme attendu, la vitesse de réduction a augmenté parallèlement à la montée en température. Ce n'est qu'à 950°C qu'il s'est manifesté un grappage des boulettes. Ceci a donné lieu à une augmentation de la tendance à l'écrasement du lit de boulettes et, consécutivement, à une dégradation du passage du gaz. Par comparaison à des échantillons semblables, examinés dans le passé, la tendance à l'écrasement pouvait, dans son ensemble, être appréciée positivement. Les degrés de métallisation atteints en fin d'essai, de plus de 98 %, avec une température de réduction de 900 et 950 °C peuvent être considérés comme étant très bons de même que la résistance à la compression des boulettes après réduction.

La figure D-5 est la photo d'une surface polie de boulettes réduites en présence d'une température de 900°C.

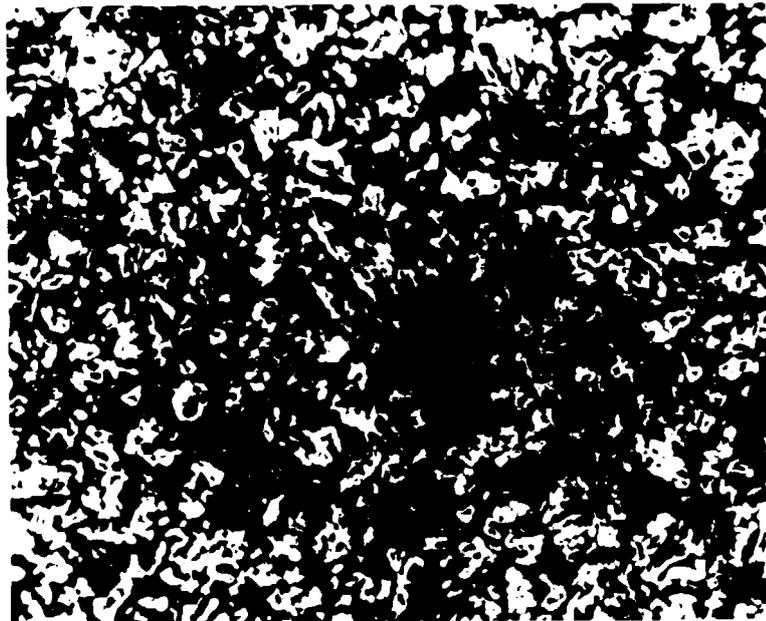


Fig. D-5 : Photo d'une surface polie de boulettes réduites à 900 °C (échantillon NEP 3) grossissement 220x

Echantillon de boulettes No.	Dimension	NEP3		
Température de cuisson	°C	1340		
Porosité	% vol.	20,4		
<b>1. Conditions de l'essai</b>				
Grosseur de boulettes	mm			
16 - 12,5	mm	50		
12,5 - 10	mm	50		
Charge du réacteur	kg	2000		
Gaz de réduction H <sub>2</sub>	% Vol.	55		
CO	% Vol.	35		
CO <sub>2</sub>	% Vol.	6		
CH <sub>4</sub>	% Vol.	4		
Quantité de gaz	Nm <sup>3</sup> /h	2,4		
Pression du pilon	MPa	0,14		
Temps de réduction	min	180		
Température de réduction	°C	850	900	950
<b>2. Résultats de l'essai</b>				
<b>2.1 Réductibilité</b>				
a) (dR) dE 40	%/min	1,37	1,60	1,93
b) Temps de réduction pour DR = 90 %	min	88	70	56
c) Temps de réduction pour DR = 95 %	min	102	86	64
d) Degré de réduction DR en fin d'essai (après 180 min)	%	99	99	99
<b>2.2 Ecrasement</b>				
a) Ecrasement DR = 90 %	%	0,6	2,7	5,2
b) Ecrasement en fin d'essai	%	2,0	5,7	17,1
c) Pression diffé- rentielle pour DR = 90 %	Pa	0	0	11,8
Pression diffé- rentielle en fin d'essai	Pa	0	0	35,3
<b>2.3 Grappage</b>				
20 mm après réduction				
a) après 2 min. tamiseur	% masse	0	0	80
b) 2 min. en plus tamisage manuel	% masse	0	0	58
<b>2.4 Résistance à la compres- sion à froid des bou- lettes après réduction</b>				
Moyenne des échan- cillons	daN/P	102	116	119
<b>2.5 Analyse chimique des boulettes après réduction</b>				
Fe <sub>tot</sub>	%	75,5	79,2	76,4
Fe <sub>met</sub>	%	72,6	78,1	75,7
C	%	0,09	0,22	0,10
Metallization	%	96,2	98,7	99,1

- D 18 -

Table D-3: Résultats de l'essai RMC

### D.3.1.2 RESULTATS DE L'ESSAI DRDS ET COMMENTAIRES

Comme pour D.3.1.1, la désintégration pendant la réduction a été examinée sur l'échantillon NEP 3. L'essai a été effectué dans un cylindre rotatif de 150 mm de diamètre et 540 mm de long, équipé de 4 nervures releveuses. Vitesse de rotation : 10 tr/mn. La grosseur des boulettes examinées, la quantité de boulettes mises en oeuvre ainsi que la composition et la quantité de gaz de réduction ont été maintenues constantes comme dans le cas de l'essai RMC. Ces données sont reproduites dans le tableau 8. Pour l'essai, une température maxi de réduction de 750°C a été choisie. Les résultats de l'essai DRDS fait sur l'échantillon NEP 3 sont résumés dans le tableau D-9.

Il résulte du tableau D-9 que la résistance à la désintégration - exprimée par la fraction 6,3 mm en % en masse - ramenée à la quantité défournée réelle, se situe à 93, valeur pouvant être considérée par conséquent comme satisfaisante.

De même, la résistance à la compression à froid des boulettes réduites qui s'élève en moyenne à 104 daN/P est suffisamment élevée. En ce qui concerne par contre la résistance en tabour ISO, pour laquelle il a été constaté 52,9 % en masse 6,3 mm, la valeur trouvée doit être considérée comme faible. Ceci signifie qu'il faudra s'attendre à une formation sensible de bris lors de la manutention des boulettes en usine ou de leur transport pour l'exportation. Du fait de la basse température de réduction de 750°C, le degré de métallisation était de l'ordre de 88 %.

Echantillon de boulettes No.	Dimension	NEP 3
<u>1. Conditions de l'essai</u>		
Temps de réduction	min	180
Température de réduction	°C	750
<u>2. Résultats de l'essai</u>		
<u>2.1 Collage + désintégration</u>		
Défournement théorique	g	1544
Défournement réel	g	1484
Différence de poids = Collage + perte par les poussières dont collage ( poids cylindre rot.)	g	60
	g	0
<u>2.2 Désintégration et attrition</u>		
au défournement théorique		
6,3 mm	% masse	89,2
3,15 mm	"	91,7
Attrition 0,5 mm		
	% masse	7,0
au défournement réel		
6,3 mm	% masse	93,0
3,15 mm	"	95,7
Attrition 0,5 mm	% masse	3,2
<u>2.3 Résistance à la compression à froid des boulettes réduites</u>		
Moyenne	daN/P	104
<u>2.4 Résistance en tambour ISO</u>		
6,3 mm	% masse	52,9
Attrition 0,5 mm	% masse	17,1
<u>2.5 Analyse chimique des boulettes après réduction</u>		
Fetotal	%	74,0
Feméc	%	64,8
C	%	0,15
Degré de métallisation	%	87,6
<u>Porosité</u>		
<u>2.7 Masse volumique apparente</u>		
non cassé	g/cm <sup>3</sup>	1,48
cassé	g/cm <sup>3</sup>	1,58

Tableau 9: Résultats de l'essai DRDS

D.3.2 COMPORTEMENT METALLURGIQUE DE BOULETTES DE MINERAL  
DE FER DU NIGER, L'AGENT REDUCTEUR ETANT UN SOLIDE  
(CHARBON)

A côté des procédés de réduction par un agent réducteur gazeux dont question sous point 2.3.3.1, il existe aussi des procédés de réduction qui font appel à un agent réducteur solide, par ex. le procédé SL-RN\*), le procédé KRUPP-CODIR\*\*) et le procédé ACCAR\*\*\*) qui se prêtent à l'échelle industrielle tout comme le procédé de réduction par un gaz et qui utilisent un combustible solide (charbon ou coke) comme agent réducteur. La réduction se fait dans un four rotatif. Des essais de simulation dans un four rotatif de laboratoire permettent de déterminer si un type de boulettes donné se prête à la réduction dans un four rotatif. La description de l'équipement d'essai normalisé ainsi que de l'essai lui-même peut être demandée à la "STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG" à Othfresen en Allemagne.

Pour l'essai, il a été pris l'échantillon de boulettes NEP 3 (poids: 750 g, grosseur des boulettes 10 à 16 mm). Le charbon nécessaire pour la réduction devait être comparable dans sa composition à peu près à celui de la République du Niger. Vu le peu de temps disponible pour les essais, il n'a pas été possible d'approvisionner un tel charbon. Pour cette raison, un charbon des Philippines (charbon de Semirara) a été utilisé pour les essais. Ce charbon est, comme le charbon du Niger, un charbon hautement réactif, volatil, mais de qualité inférieure présentant un taux de cendres élevé.

Le tableau 10 indique la composition chimique du charbon que l'on trouve dans la République du Niger (charbon de référence) (suivant informations reçues de SONICCHAR, Niger) ainsi que celle du charbon utilisé pour l'essai de réduction par un solide. Par essai, il a été utilisé 650 g de charbon, grosseur inférieure à 10 mm.

\*) SL-RN = STELCO/LURGI-REPUBLIC STEEL/NATIONAL LEAD  
\*\*) KRUPP-CODIR = KRUPP-COAL-ORE-DIRECT-IRON-REDUCTION  
\*\*\*) ACCAR = ALLIS-CHALMERS-CONTROLLED-ATMOSPHERE-REDUCTION

Origine, gisement	Charbon de référence Niger, Anou-Araren	Charbon utilisé pour les essais Philippines, Semirara
Cfix % (eau exclue)	40	31,2
Matières volatiles % (eau exclue)	20	33,7
Cendres % (eau exclue)	40	35,1
Stot % (eau exclue)	1	3,7

Table D-10: Composition chimique des charbons

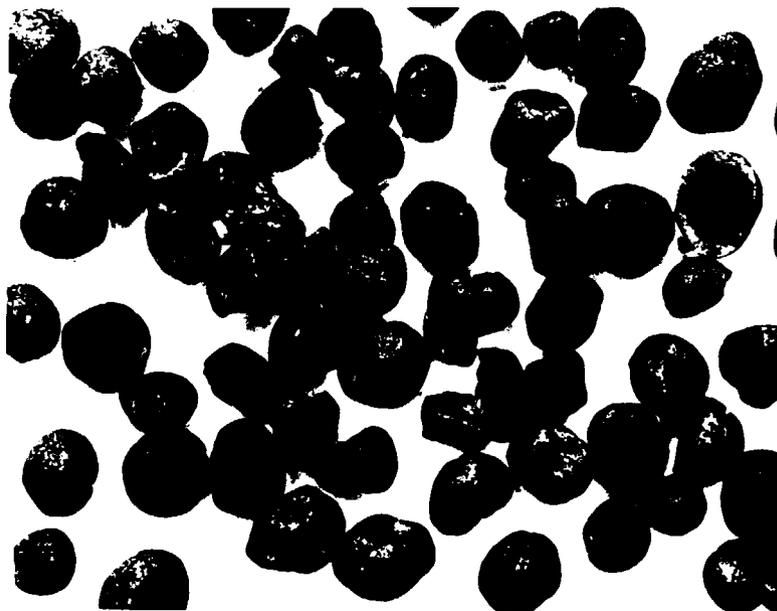
La désulfuration du fer réduit a été faite à la dolomie, grosseur 0,2 à 1,6 mm, à raison de 30 g par essai.

Il a été procédé à deux essais de réduction, chaque fois à une température de réduction de 1.000°C. Le temps de réaction a été de 90 minutes pour le premier essai et de 105 minutes pour le deuxième.

#### D.3.2.1 RESULTATS DES ESSAIS DE REDUCTION AVEC UN AGENT REDUCTEUR SOLIDE ET COMMENTAIRES

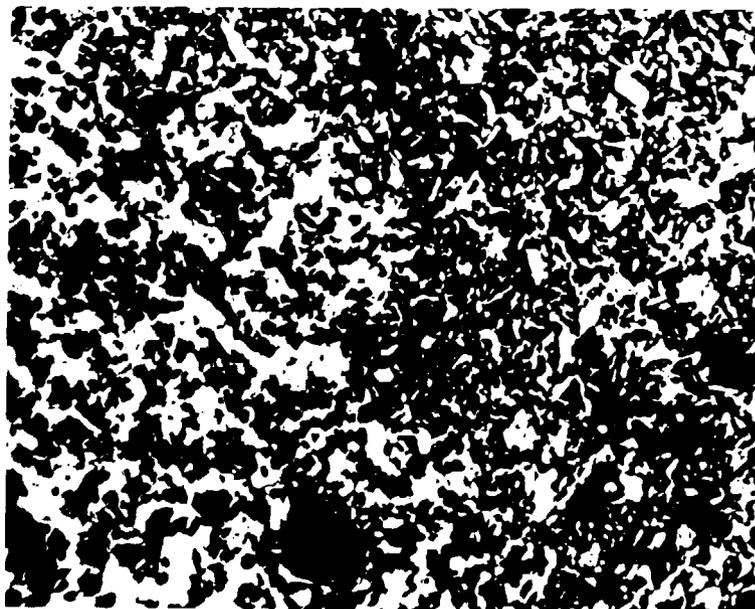
Les résultats des essais, résumés dans le tableau D-11, ainsi que les commentaires correspondants doivent être vus en considération de la différence entre les analyses du charbon de référence et du charbon utilisé pour l'essai.

La figure D-6 montre des boulettes réduites à 1000 C pendant 90 minutes avec du charbon de Semirara (échantillon No. NEP 3). La figure D-7 est la photo d'une surface polie des boulettes réduites (grossissement 110 x).



Grossissement 1:1

Fig. D-6: Photo des boulettes réduites avec un combustible solide (charbon de Semirara)  
Température de réduction : 1000 °C,  
temps de réduction : 90 minutes



Bord Transition de phase Noyau  
Fig. D-7: (voir page suivante)

Grossissement 110x

Fig. D-7: Photo d'une surface polie de boulettes réduites avec le charbon de Semirara (Température de réduction : 1000 °C, temps de réduction : 90 minutes). La transition de phase entre la bordure (phase métallique) et le noyau (phase oxydée) est nettement visible.

Les degrés de métallisation des boulettes réduites (grosueur 6,3 mm) étaient seulement de 70 à 73 %, ce qui est insuffisant pour l'échelle industrielle, car il faut un degré de métallisation d'au moins 90 % afin de pouvoir fondre les boulettes réduites (éponge de fer) dans le four à arc avec une consommation d'énergie raisonnable. Malgré l'addition de dolomie, la teneur en soufre des boulettes est élevée (0,3 et 0,8 %), le soufre provenant du combustible. Les autres paramètres, par ex. résistance à la compression à froid et résistance à la désintégration, présentent des valeurs acceptables.

Comme les deux essais ont donné une faible métallisation des boulettes, il est indispensable d'optimiser les résultats pour savoir si la réduction dans un four rotatif avec un combustible solide comme agent réducteur se prête ou non aux boulettes de minerai de fer du Niger.

### D.3.3 REDUCTION-FUSION DES BOULETTES DE MINERAI DE FER DU NIGER

A côté des procédés de réduction qui utilisent un gaz ou un combustible solide comme agent réducteur et qui produisent des boulettes réduites, appelées éponge de fer, il existe des procédés de réduction-fusion qui sont mis au point à l'échelle industrielle depuis une dizaine d'années. Par ces procédés qui se déroulent en une ou plusieurs phases on traite tant des boulettes ou mélanges boulettes/minerai en morceaux que des minerais fins. Le produit de la dernière phase est évacué à l'état liquide. Suivant la conduite du procédé, la qualité du produit se situe entre celle d'un fer liquide et celle d'un semi-acier. Pour la production d'un acier de qualité, il faut prévoir encore une opération d'affinage. Les procédés en question sont par ex.:

Echantillon de boulettes No.		N 8 P 3							
	Dimension								
Température de réduction	°C	1000				1000			
Temps de réduction	min	90				105			
<b>1. Défournement</b>									
Poids défourné	g	921				909			
dont charbon non réagi	g	21				26			
dont produit magnétique	g	612				-			
Masse volumique app., non cassé	kg/l	1,16				1,16			
Masse volumique app., cassé	kg/l	1,25				1,29			
<b>2. Analyse au tamis</b>									
	mm	>6,3	6,3-3,15	3,15-1,6	<1,6	>6,3	6,3-3,15	3,15-1,6	<1,6
Total	Z masse	65,7	10,4	8,7	15,2	66,8	13,2	7,6	12,4
dont produit magnétique	"	63,4	1,8	0,1	1,1	64,0	3,0	0,1	0,5
dont produit amagnétique	"	2,3	8,6	8,6	14,1	2,8	10,2	7,5	11,9
<b>3. Résultats métallurgiques</b>									
<b>3.1 Analyse chimique</b>									
Fe total	Z	71,4	77,0	48,3	71,3	74,6	59,0		
Fe mét.	Z	52,3	67,3	43,8	49,4	62,0	54,2		
Degré de métallisation	Z	73,3	87,4	90,7	69,3	83,1	91,9		
C	Z	0,03	0,12	n.d.	0,12	0,21	n.d.		
S	Z	0,34	0,41	n.d.	0,6	0,82	n.d.		
<b>3.2 Résistance à la compression à froid (fraction 10-12,5 mm)</b>									
Moyenne	daN/P	96	n.d.	n.d.	69	n.d.	n.d.		
<b>3.3 Porosité</b>									
	Z vol.	36,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
<b>3.4 Masse volumique apparente</b>									
	kg/l	1,83	n.d.	n.d.	1,85	n.d.	n.d.		
<b>3.5 Désintégration</b>									
Résistance à la désintégration									
> 6,3 mm	Z masse	95,4	n.d.	n.d.	94,7	n.d.	n.d.		
> 3,15 mm	"	98,2	n.d.	n.d.	99,1	n.d.	n.d.		
Attrition < 1,6 mm	"	1,6	n.d.	n.d.	3,9	n.d.	n.d.		

Tableau D 11: Résultats de la réduction avec un agent réducteur solide dans le cylindre rotatif

le procédé INRED *)	)	d'origine suédoise
le procédé ELRED **)	)	
le procédé PLASMARED ***)	)	
le procédé KR ****)	)	d'origine allemande
le procédé KRUPP-COIN *****)	)	

A ce jour, seul le procédé KR a évolué jusqu'à la maturité industrielle.

#### D.3.3.1 ESSAIS DE REDUCTION, DE RAMOLLISSEMENT ET DE FUSION

Par l'essai REAS\*\*\*\*\*) , nous avons pu examiner en laboratoire si les boulettes de minerai de fer du Niger conviennent à la réduction selon le procédé KR. La description de l'appareil expérimental mis au point par la 'STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG', Othfresen, ainsi que le programme de montée en température, la composition et la quantité de gaz et l'exécution de l'essai peuvent être obtenues de la 'STUDIENGESELLSCHAFT FÜR EISENERZAUFBEREITUNG' à Othfresen in Allemagne. Analogiquement au procédé KR où le métal liquide est produit en deux phases, l'essai REAS s'effectue également en deux phases. Les boulettes de minerai de fer de l'essai NEP 3 sont soumises à une première réduction jusqu'à 91,1 % dans un appareil de réaction de 75 mm de diamètre par introduction d'un gaz de réduction de composition 70 % CO, 25 % H<sub>2</sub> et 5 % N<sub>2</sub>. La température à la fin de la première réduction des boulettes était de 900 °C, le temps de réduction ayant été de 100 minutes. L'exploitation des résultats de la première phase de réduction a mis en évidence une vitesse de réduction égale à une élimination de 1,6 % O<sub>2</sub> par minute. A la fin de la première phase de réduction, les boulettes ont été refroidies dans une atmosphère de N<sub>2</sub>. Les boulettes refroidies ont servi alors de matière première pour l'essai REAS qui simule le comportement à la fusion. Le tableau D-12 résume les résultats de la première réduction et de l'essai REAS.

*)	INRED	= INTENSIVE REDUCTION
**)	ELRED	= ELECTRICAL REDUCTION
***)	PLASMARED	= PLASMA REDUCTION
****)	KR	= Kohle-Reduction
*****)	KRUPP-COIN	= KRUPP-COAL-OXYGEN-INJECTION
*****)	REAS	= REDUKTION-ERWEICHUNG- ABSCHMELZEN-SIMULIERUNG

D.3.3.2 RESULTATS DE L'ESSAI REAS ET COMMENTAIRES

Le tableau D-12 fait ressortir que la température de ramollissement, c'est-à-dire la température à laquelle les boulettes accusent un retrait de 50 %, est de 1140 °C et que la température de fusion est égale à 1240 °C. Les premières gouttes se sont formées à 1310 °C. Le critère d'appréciation pour le comportement à la fusion est la température relevée lorsque 5 % de la quantité de métal se sont égouttés. Elle était de 1410 °C. Parallèlement à l'accroissement de la température jusqu'à 1550 °C (fin de l'essai), l'égouttage s'est poursuivi assez rapidement. La quantité de métal égoutté correspondait à 61,7 % de la quantité théoriquement possible. Ces résultats coïncident parfaitement avec ceux trouvés sur d'autres sortes de boulettes pauvres en fer et riches en gangue. La figure D-8 est une photo du fer égoutté. La figure D-9 représente une surface polie du fer égoutté

L'analyse chimique du fer égoutté est donnée dans le tableau D-13 ci-dessous.

Composant	% en masse
Fe <sub>tot</sub>	95,40
C	2,08
Si	0,42
Mn	0,08
P	1,94
S	0,03

Table D-13: Analyse chimique du fer égoutté  
(essai REAS)

Echantillon de boulettes No.		N E P 3
<u>I. Conditions d'essai</u>	<u>Chauffage</u>	<u>Gaz</u>
Charge: 0.1 MPa	20 à 450 °C (5°/minute)	1300 Nl/h N <sub>2</sub>
	450 à 900 °C (10 °/minute)	1260 Nl/h CO = 70 % 450 Nl/h H <sub>2</sub> = 25 % 90 Nl/h N <sub>2</sub> = 5 %
	ensuite jusqu'à 1550 °C (5 °/minute)	"
	Après atteinte d'un degré de réduction (DR) de 90 %	1300 nl/h N <sub>2</sub> (jusque P = 2 KPa) alors baisse de N <sub>2</sub> à P = 0.2 kPa as comme gaz de rinçage

II. Résultats d'essai

II.a Phase de première Dimension  
réduction

Temps total de réd.	min	100
Temp. de réduction en fin d'essai	°C	900
DR jusqu'à la phase isothermique	%	75.1
Degré de réduction tot.	%	91.1
Temps jusque DR = 65 %	min	48,5
(dR) dT40	%/min	1.6

II.b Essai REAS

Temp. ramolliss. TE	°C	1140
Temp. de fusion TS	°C	1240
Temp. égouttage T <sub>A1</sub> (1er égouttage)	°C	1310
Temp. égouttage jusqu'à 5 % de la T <sub>A2</sub> quantité totale d'égouttage	°C	1410
Température à P <sub>max</sub>	°C	1230
Temps entre début de réduction et P <sub>max</sub> = 2 KPa	/min	238
Poids du métal égoutté	g	223.5
Rendement métal comme quantité égouttée	% masse	61.7

Table D-12: Résultats de l'essai de première réduction et de l'essai REAS



Grossissement 1:1

Fig. D-8: Photo du fer égoutté - Essai REAS (échantillon de boulettes de minerai du Niger: NEP 3)

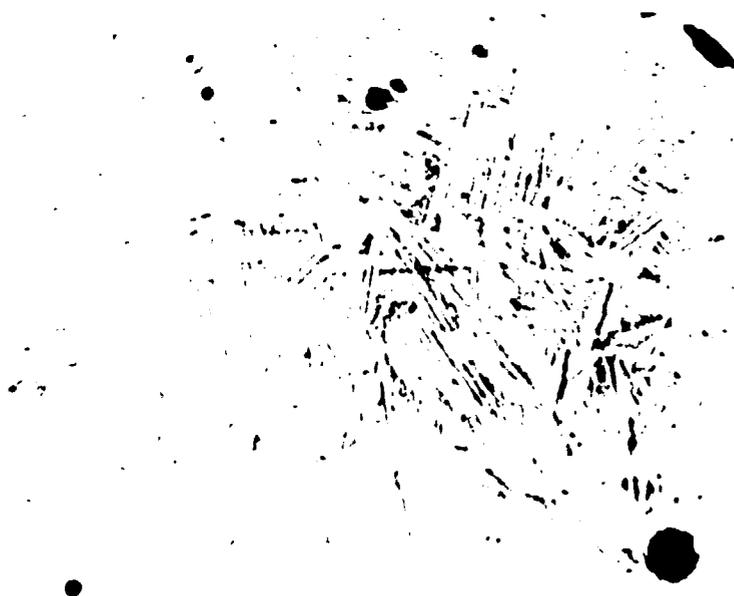


Fig. D-9: Surface polie du fer égoutté - Essai REAS (échantillon de boulettes de minerai de fer du Niger : NEP 3).  
Grossissement 110 x

D.4 CONCLUSIONS SUR LES ESSAIS DE BOULETAGE ET LES  
ESSAIS METALLURGIQUE

D.4.1 ESSAI DE BOULETAGE

Le concentré de minerai de fer du Niger obtenu à l'issue des essais minéralurgiques peut être considéré comme étant de qualité inférieure. Par suite de la forte teneur en limonite, le concentré contient au maximum 53 % Fe. Après cuisson et élimination de l'eau combinée à la limonite, la teneur en fer des boulettes s'élève à 59 % env. Les boulettes de haut fourneau ou de réduction directe que l'on trouve sur le marché accusent par contre une teneur en fer d'au moins 64 à 67 %.

Par ailleurs, la teneur importante en P des boulettes cuites qui est d'env. 1,1 % réduit sensiblement les possibilités de la mise en valeur métallurgiques des boulettes. En principe, il est possible d'éliminer le phosphore pendant la transformation sidérurgique en fonte ou acier - voir à ce sujet le chapitre suivant - mais ceci cause des frais supplémentaires par la consommation de matières et d'énergie. Le produit définitif devient donc plus cher.

Etant donné qu'il s'agit d'un minerai tendre, la consommation d'énergie pour le broyage avant la production des boulettes vertes a été relativement peu importante, à savoir 4 - 5 kWh/t de produit broyé. Pour pouvoir produire des boulettes vertes suffisamment résistantes, il est indispensable de broyer jusqu'à une finesse de 1850  $\mu\text{m}^2/\text{g}$  Blaine. Par l'addition d'env. 0,7 % de bentonite, la résistance à sec des boulettes pendant la cuisson pourrait être sensiblement améliorée.

Après la cuisson, les boulettes ont présenté une résistance suffisante à la compression à froid. La porosité des boulettes qui, du fait de la proportion importante de laitier s'élève à env. 21 - 22 % doit cependant être considérée comme étant faible. Le minerai étant du type goethite-limonite, les capacités de cuisson sont très faibles (en moyenne 11  $\text{t}/\text{m}^2 \times 24 \text{ h}$ ). Ceci signifie importante consommation d'énergie pour la cuisson des boulettes de minerai de fer du Niger.

A côté de la faible teneur en fer et de la teneur élevée en phosphore, l'analyse chimique a révélé aussi une forte teneur en  $\text{SiO}_2$  (8,85 %) et une faible teneur en  $\text{CaO}$  (0,1 %). Les boulettes de minerai de fer, destinées à la réduction directe, devraient normalement présenter de faibles teneurs en  $\text{SiO}_2$  (1 - 2 %) et une basicité  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  de 0,3 (voir tableau D-7). Depuis peu, on utilise pour la réduction directe aussi des boulettes basiques, additionnées de calcaire ou de dolomie ( $\text{CaO-MgO}/\text{SiO}_2 = 1,6$ ). La mise en valeur métallurgique est meilleur pour des boulettes que pour des boulettes acides.

A cause de la forte teneur en  $\text{SiO}_2$  du concentré de départ, il n'est pas possible de produire des boulettes basiques avec le concentré de minerai de fer du Niger étant donné qu'il faudrait ajouter des quantités démesurées de calcaire ou de dolomie très purs. D'un côté les ajouts se répercutent négativement sur l'opération de cuisson et donnent lieu à une capacité de cuisson encore plus faible.

#### D.4.2 ESSAIS DE REDUCTION

##### D.4.2.1 REDUCTION AVEC UN AGENT REDUCTEUR GAZEUX

Malgré la présence d'importantes quantités de laitier, les essais de réduction au gaz ont révélé qu'à la température de 900 °C les boulettes ne forment pas encore de grappes. Le grappage ne se manifeste qu'au-delà de 950 °C. Des valeurs acceptables pour la vitesse de réduction, le degré de métallisation et la résistance des boulettes à la compression à froid après leur réduction pouvaient être obtenues à 900 °C. Lorsque la température de réduction va en augmentant (au-delà de 900 °C), l'écrasement devient plus fort, ce qui diminue le passage des gaz à travers le lit de boulettes.

L'examen de la désintégration à 750 °C dans un four rotatif de laboratoire a montré que la résistance à la désintégration (exprimée en fraction 6,3 mm) de 93 % est suffisamment élevée. Sont cependant insuffisants la résistance au bris pendant le transport - exprimée par la résistance en tambour ISO - et les degrés de métallisation pouvant être atteints. Les boulettes produites ne se prêtent pas à l'exportation ni au transport sur de longues distances.

#### D.4.4.2 REDUCTION AVEC UN AGENT REDUCTEUR SOLIDE

Les essais de réduction avec un agent réducteur solide ont été simulés dans un four rotatif de laboratoire avec un charbon hautement volatil (comparable au charbon du Niger) en présence d'une température de 1000 °C. A la place du charbon du Niger, il a été utilisé un charbon des Philippines (charbon de Semirara).

Après une réduction durant 90 minutes, il a été atteint un degré de métallisation de 73,3 % (sur une fraction > 6,3 mm). L'augmentation du temps de réduction à 105 minutes n'a pas amélioré la métallisation. En raison du risque de grappage, il est inadmissible d'augmenter la température au-delà de 1000 °C. Les procédés industriels de ce genre, comme par exemple le procédé SL-RW, atteignent des degrés de métallisation de plus de 90 %.

Au niveau des essais de réduction avec un agent réducteur solide, faits sur les boulettes de minerai de fer du Niger, des essais d'optimisation s'avèrent indispensables.

#### D.4.2.3 REDUCTION-FUSION

L'étude du comportement pendant la réduction-fusion, effectuée moyennant un appareil expérimental récent (essais REAS), a mis en évidence que les boulettes produites se prêtent bien à la réduction-fusion (par ex. procédé KR). Les températures de ramollissement, de fusion et d'égouttage, relevées lors de l'essai REAS, ainsi que la quantité égouttée sont typiques pour des minerais avec une forte proportion de gangue et un laitier acide.

Après réduction, le phosphore des boulettes se concentre dans l'éponge de fer. L'élimination du phosphore ne peut se faire que pendant la transformation sidérurgique en fonte ou acier par un réglage correspondant du laitier (voir à ce sujet le chapitre D.5.4).



D.5 PRESENTATION DE PROCEDES DE TRANSFORMATION  
POUVANT ENTRER EN LIGNE DE COMPTE

D.5.1 GENERALITES

Dans la métallurgie du fer, il existe plusieurs moyens pour transformer un minerai de fer en acier brut: d'une part par la méthode classique, à savoir haut fourneau - convertisseur, et d'autre part par la réduction directe qui est un procédé récent. Un troisième moyen est celui de la réduction-fusion.

Dans le cas de la méthode classique le minerai est chargé dans le haut fourneau sous forme d'agglomérés, de boulettes ou de minerai en morceaux. Alimenté également en coke, produit à partir de charbon à coke, en tant que source de chaleur et d'agent de réduction, le haut fourneau fournit une fonte liquide. Les impuretés du minerai telles que S, P et autres, passent en totalité ou en partie dans la fonte suivant le régime d'exploitation du haut fourneau. La transformation de la fonte liquide et impure en acier de qualité avec élimination des impuretés indésirables S et P se fait dans un convertisseur. Les procédés sidérurgiques modernes utilisent, comme produit d'affinage, de l'oxygène qui est soufflé par une ou plusieurs lances sur la surface du bain de fonte (par ex. procédé LD\*) ou d'en bas par des tuyères de fond (procédé OBM \*\*). Le carbone en solution dans la fonte est brûlé et donne du CO/CO<sub>2</sub>; le soufre et le phosphore que contient la fonte passent pour la plus grande partie dans le laitier, la composition du laitier, nécessaire à cet effet, étant respectée.

La capacité des usines sidérurgiques conventionnelles sur la base haut fourneau - convertisseur se situe aujourd'hui entre 1 et 5 millions de tonnes/an d'acier brut par usine.

---

\*) procédé LD = Linz-Donawitz-Verfahren

\*\*) procédé OBM = Oxygen-Boden-Maxhütte-Verfahren



Pour une usine sidérurgique intégrée à réaliser dans une région dépourvue de toute infrastructure, il faut envisager des investissements de l'ordre de 1 200 - 1.600 US\$/t x an [SZEKELY, 1980]. Pour les pays en voie de développement qui manquent de ressources d'énergie (charbon à coke de bonne qualité), d'une infrastructure de base et du savoir-faire de base, la réalisation d'une usine sidérurgique intégrée ne se justifie pas à cause des investissements excessivement importants.

Depuis le début des années 70 on connaît la formule d'une "mini-mill" qui se sert de la réduction directe pour la production d'acier brut. Le principe d'une telle usine miniature prévoit la production d'un produit intermédiaire solide - l'éponge de fer - à partir de boulettes de minerai de fer ou de minerai en morceaux, dans un four à cuve ou four tournant à contre-courant. L'agent réducteur est un gaz - CO et H<sub>2</sub> - produit à partir de gaz naturel (CH<sub>4</sub>) ou bien un carbone solide sous forme de charbon. Le degré de métallisation de l'éponge de fer est supérieur à 90 % et, par comparaison à la mitraille d'acier, l'éponge de fer est de qualité chimique supérieure. Nous citons ici à titre d'exemples:

- le procédé MIDREX (four à cuve) [KORF ENGIN.broch. 1983]
- le procédé SL-RN (four tournant) [RANGEL,SCHNABEL, e.a. 1983].

L'éponge de fer peut - suivant le niveau de prix - être vendue en tant que ferraille sur le marché libre ou bien être transformée en acier liquide par une opération aval dans l'usine sidérurgique même. Suivant la disponibilité et le prix, on peut avoir recours à l'énergie électrique (par ex. four à arc) ou au charbon (par ex. genre convertisseur).

Après affinage, le métal liquide est transformé en profils d'acier de qualité dans une installation de coulée continue.

La capacité d'une "usine miniature" se situe entre 100.000 et 1 million de tonnes/an d'acier brut. Pour une capacité de l'ordre de grandeur précité, les investissements spécifiques sont sensiblement inférieurs à ceux d'une usine sidérurgique classique avec



four rotatif et convertisseur LD [ULRICH, JANSSEN, 1983]. Ce genre de petites usines se laisse réaliser partout où il existe du minerai de fer et de l'énergie bon marché sous forme de gaz naturel, de charbon et/ou de courant électrique.

D.5.2 PROCEDES D'ELABORATION DU FER QUI SE PRETENT A L'APPLICATION DANS LA REPUBLIQUE DU NIGER

A l'heure actuelle, le besoin annuel en acier brut de la République du Niger est évalué à 100.000 t env. Dans ces conditions, il est raisonnable d'envisager la réalisation d'une "usine miniature" sur la base du procédé de réduction directe. Etant donné qu'il ne semble pas exister de réserves de gaz naturel dans la République du Niger, les procédés conventionnels de réduction directe tels que le procédé MIDREX ou le procédé HYL [PRICE, DOMINGUEZ, 1983] sont à exclure. Ces procédés exigent le gaz de réduction  $CO + H_2$  obtenu par la décomposition du gaz naturel.

A côté des procédés précités, il existe des procédés de réduction directe qui emploient du charbon comme agent de réduction, par exemple le procédé SL-RN ou le procédé Krupp-Codir. Suivant ces procédés, les boulettes de minerai de fer sont réduites, avec addition de charbon, dans un four tournant, en présence d'une température de l'ordre de 900 à 1 000 °C, jusqu'à un degré de métallisation supérieur à 90 %. Les boulettes de minerai de fer ou éponge de fer sont transformées en acier de qualité par une deuxième opération dans un four électrique.

Les procédés de réduction directe dans un four tournant se contentent d'un charbon de qualité inférieur bon marché. Une installation de ce genre, d'une capacité de production de 30 000 t/an d'éponge de fer, construite avec l'aide de l'ONUDI, est en service depuis 1981 près de Kothagudem en Inde Cette unité a été fournie, construite et mise en service par LURGI CHEMIE UND HÜTTENTECHNIK GmbH, Frankfurt/R.F.A. La conception et le principe de fonctionnement de cette installation sont simples. Des usines de ce genre se laissent réaliser dans tous les pays en voie de développement, dépourvus jusqu'ici d'une industrie sidérurgique, qui souhaitent devenir actifs dans ce domaine sur la base de matières premières disponibles sur place. Le principe d'une unité SL-RN est donné à la figure D-10.

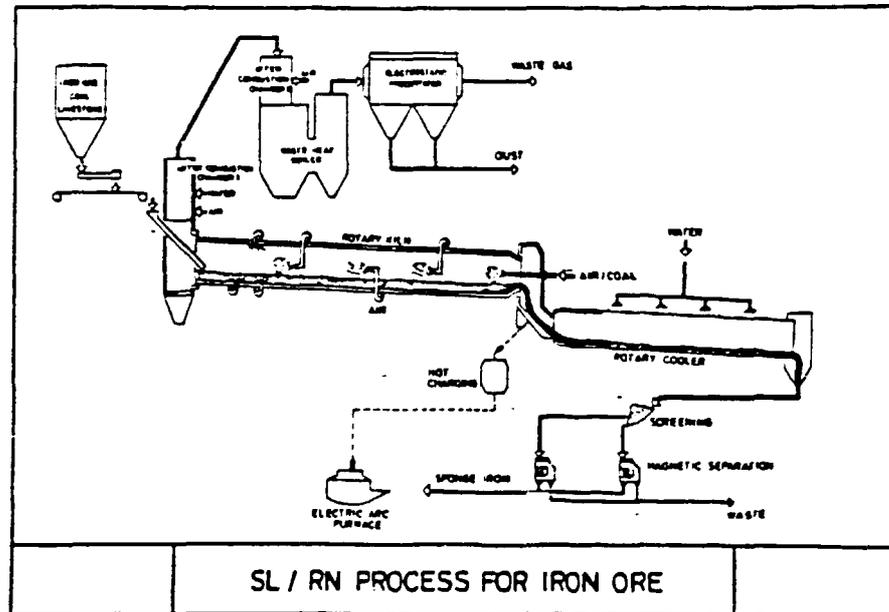


Fig. D-10 :Schéma d'une unité SL-RN

Les procédés de réduction-fusion, récemment mis au point pour l'échelle industrielle, sont autant des procédés qui conviennent aux besoins de la République du Niger. Parmi les procédés énoncés dans le chapitre D. 3.3, le procédé KR est le procédé le plus évolué. Tout comme le procédé de réduction dans un four tournant, le procédé KR se contente de charbon médiocre, non cokéifiable en tant que fournisseur d'énergie et pour la production du gaz de réduction nécessaire.

Depuis 1981, une installation de démonstration, d'une capacité nominale de 60.000 t de fonte, est en service, en régime discontinu, à Kehl/R.F.A. Les droits de réalisation pour des grosses installations appartiennent en ce moment à KORF-Engineering GmbH, Düsseldorf/R.F.A., et VOEST ALPINE AG, Linz/Autriche.



Le procédé KR, réduit à sa plus simple expression, consiste en un haut fourneau "décomposé" (voir schéma à la fig. D-11, page D 38) à savoir en un appareil de gazéification et de fusion (1) et un four à cuve de réduction (2).

Dans l'appareil (1), l'éponge de fer est transformée en fonte par une opération continue au moyen de la chaleur excédentaire dégagée pendant l'oxydation partielle du charbon. Le charbon 0 - 30 mm, chargé dans l'appareil de gazéification et de fusion (1) à partir d'une trémie d'alimentation (3), est gazéifié dans un lit fluidisé au moyen de  $O_2$ . Le lit fluidisé est situé dans l'espace de gazéification de l'appareil (1). Le gaz de réduction produit renferme env. 95 % de  $CO + H_2$ . L'appareil de gazéification et de fusion remplit aussi les fonctions de la cuve du haut fourneau dans laquelle le coke est gazéifié au vent chaud et le minerai, réduit dans le four à cuve, est fondu pour donner la fonte.

Au-dessus de l'appareil de gazéification et de fusion se trouve le four à cuve de réduction (2), équipé de vis sans fin pour le défournement de l'éponge de fer chaude. Le gaz de réduction chaud, produit dans l'appareil de gazéification et de fusion, passe dans le four à cuve de réduction après avoir été épuré grossièrement dans un cyclone (4) et refroidi en (5). Dans le four à cuve, les boulettes sont réduites en contre-courant pour donner de l'éponge de fer.

Le gaz d'échappement quittant le four à cuve de réduction est refroidi dans un refroidisseur de gaz de gueulard (6) et épuré ensuite. Ce gaz d'un pouvoir calorifique de  $8400 \text{ kJ/Nm}^3$  peut être fourni à l'extérieur de l'usine pour la production de courant électrique, d'oxygène etc.

La fonte débitée par l'appareil de gazéification et de fusion est transformée par des opérations aval (creusets, convertisseur  $O_2$  etc.) en acier de qualité, exempt de soufre et de plomb, qui lui est transformé par coulée continue en profilés d'acier.

Suivant les progrès les plus récents en la matière, un module KR permettrait de produire env. 300.000 tonnes de fonte par an.

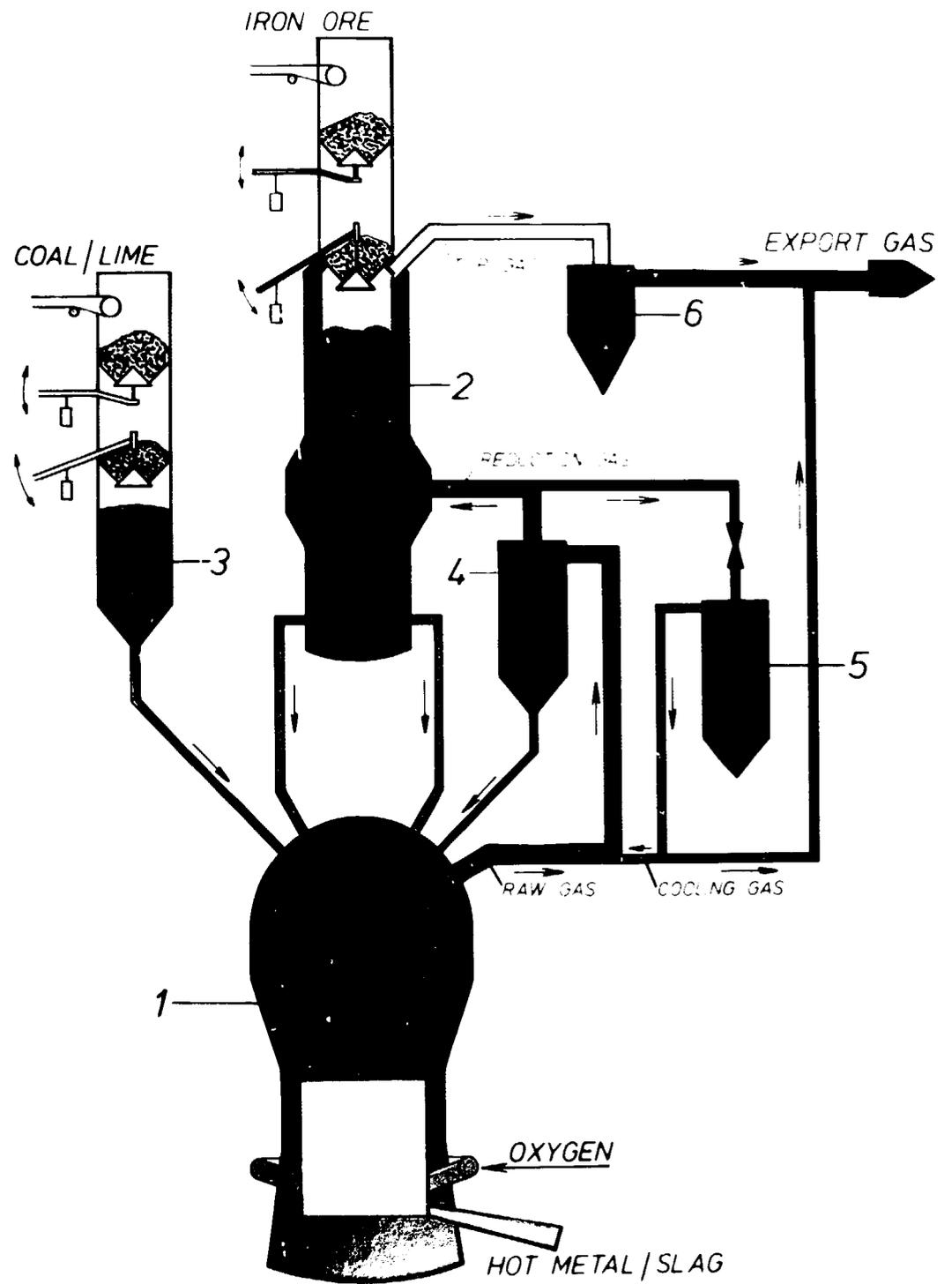
# **KR PLANT**

## **BASIC FLOW SHEET**

**LEGEND / LEGENDE :**

- 1 MELTER GASIFIER  
EINSCHMELZVERGASER  
INSTALLATION DE GAZEIFICATION PAR FUSION
- 2 REDUCTION SHAFT FURNACE  
REDUKTIONSOFFEN  
FOUR A REDUCTION
- 3 COAL FEED BIN  
KOHLE - AUFGABEBUNKER  
TREMIE D'ALIMENTATION DE CHARBON
- 4 HOT DUST CYCLONE  
HEISSZYKLON  
DEPOUSSIÈREUR
- 5 GAS COOLER  
GASKÜHLER  
REFROIDISSEUR DE GAZ
- 6 TOP GAS COOLER  
GICHTGASKÜHLER  
REFROIDISSEUR DU GAZ DE GUEULARD

FUSION



**KR PLANT**  
**BASIC FLOW SHEET**

D



### D.5.3 LE PHOSPHORE DANS LES BOULETTES DE MINERAI DE FER, SA TENUE PENDANT LES OPERATIONS SIDERURGIQUES

Dans les conditions fortement réductrices régnant dans un appareil sidérurgique, par ex. haut fourneau, réacteur de réduction directe ou réacteur de réduction-fusion, le phosphore contenu dans les boulettes passe pour la plus grande partie dans le fer liquide ou l'éponge de fer.

Pendant l'opération sidérurgique, le  $P_2O_5$  est réduit totalement par le carbone ou le CO ou bien par le fer liquide d'après la réaction suivante:



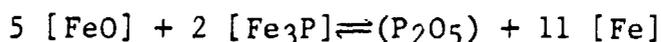
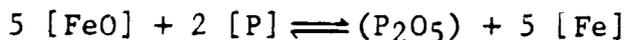
Le phosphore réduit est dissout pour la plus grande partie comme phosphure de fer  $[Fe_3P]$  dans le fer:



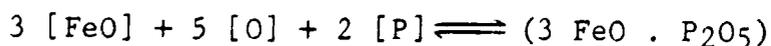
La déphosphoration du fer ne peut avoir lieu que dans une opération aval en présence de conditions métallurgiques déterminées. Cet aspect est l'objet du chapitre suivant.

### D.5.4 POSSIBILITES DE DEPHOSPHORATION DE LA FONTE BRUTE OU EPONGE DE FER LORS DE L'AFFINAGE EN ACIER

Il est connu que lors de l'affinage de fonte brute en acier, l'oxydation des impuretés du fer, telles que Si, Mn et P est déterminée par la formation d'oxyde ferreux (FeO). L'oxyde ferreux se forme par combustion de Fe dans un courant d'air, d'air suroxydé ou d'oxygène pur. L'oxyde ferreux formé entre en interaction avec le [P] ou  $[Fe_3P]$  dissout dans le fer pour former le  $(P_2O_5)$  d'après la réaction:



Comme produit de réaction primaire de l'oxydation du phosphore on admet aussi la formation de phosphate de fer d'après la réaction suivante



Dans les conditions régnant dans un convertisseur d'acier la stabilité de ce produit de réaction ainsi que du ( $P_2O_5$ ) est faible. Immédiatement après leur formation, il faut donc qu'ils soient fixés dans des scories fortement basiques de haute activité ( $CaO$ ). Le réglage de scories fortement basiques durant la période d'affinage peut se faire par insufflation de poussière de chaux ou de dolomie dans la fonte liquide. La fixation du  $P_2O_5$  dans les scories renfermant de la chaux se fait d'après les réactions suivantes:



En récapitulation on peut dire que pour une bonne déphosphoration de l'acier liquide, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

- réglage d'une activité élevée d'oxyde ferreux des scories en vue de l'oxydation du phosphore dissout dans le métal;
- réglage de scories fortement basiques (teneur en  $CaO$  élevée et teneur en  $SiO_2$  aussi faible que possible dans les scories) en vue d'obtenir une grande capacité d'absorption de phosphore;
- basses températures de travail pour améliorer la répartition de phosphore entre métal et scories;
- faibles teneurs en  $P_2O_5$  des scories, pour diminuer l'activité du P dans les scories et favoriser le pouvoir d'absorption de P par les scories.

Pour apprécier le pouvoir de déphosphoration de scories d'aciéries, on considère comme critère de basicité le rapport moléculaire entre les constituants basiques et acides et pour l'oxydation, l'activité de l'oxyde ferreux des scories.

Une augmentation de la quantité de scories par tonne d'acier exerce un effet avantageux sur la déphosphoration, parce que l'on abaisse ainsi la teneur en  $P_2O_5$  des scories. Un effet analogue est obtenu par la technique à deux scories pratiquée dans le four électrique ou avec le procédé LDAC\* (soutirage des scories primaires après la phase d'oxydation et reformation de scories secondaires durant la période d'affinage).

---

\*Procédé LDAC = procédé Linz-Donawitz-Arbed-Centre  
National de Recherches métallurgiques

La teneur en P de l'acier fabriqué dépend aussi du procédé de fabrication d'acier choisi. L'ancien procédé Thomas qui consistait à insuffler un courant d'air suroxygéné par le fond du convertisseur dans la fonte liquide, est le mieux approprié pour la déphosphoration de fontes phosphoreuses. Les scories Thomas basiques renferment de 15 à 20 % de  $P_2O_5$  pour une teneur en CaO de 45 à 50 % et peuvent être utilisées comme engrais.

Le procédé Thomas est pratiquement remplacé aujourd'hui par d'autres procédés modernes de fabrication d'acier, tels que le procédé OBM, le procédé d'affinage à l'oxygène (LDAC) ou les fours à arc électriques basiques.

Le procédé OBM est - comme le procédé Thomas - particulièrement approprié pour le soufflage de fonte brute riche en phosphore. La déphosphoration de la fonte liquide est ici améliorée par rapport au procédé Thomas, du fait que dans le procédé OBM, de la poussière de chaux grains fins est soufflée dans le bain de fonte, en même temps que l' $O_2$  pur, par les tuyères de fond sous forme d'une suspension de  $O_2$ -chaux. Le bain de fonte en turbulence offre constamment de nouvelles surfaces de réaction et améliore ainsi le taux de décarburation et de déphosphoration. La décarburation et la déphosphoration se produisent parallèlement. Comme sous-produit on obtient - comme pour le procédé Thomas - des scories utilisables comme engrais d'une teneur élevée en  $P_2O_5$ . La consommation de chaux est nettement inférieure à celle du procédé LD ou LDAC. Le procédé OBM permet de déphosphorer des fontes phosphoreuses d'une teneur en P d'env. 1,6 %, par application de la technique à deux scories (deux périodes de soufflage), à environ 0,015 % de P [BROTZMANN, LANKFORD, e.a. 1976].

Dernièrement d'autres progrès ont été réalisés en matière de fabrication de l'acier, permettant d'obtenir des aciers ultra-fins pour des applications spéciales. Grâce à une technique de soufflage dite combinée, avec insufflation simultanée des gaz d'affinage ( $O_2$ ) et de balayage ( $N_2$ , Ar etc.) aussi bien au-dessus qu'au-dessous de la surface de la fonte liquide, il sera possible d'obtenir des teneurs en P de l'acier jusqu'à 0,01 % [PATENTE JAPONAISE].

Il ressort clairement de ce qui précède, qu'il existe suffisamment de possibilités métallurgiques pour produire des qualités d'acier pauvre en P à partir de fontes phosphoreuses. Les fontes phosphoreuses sont obtenues par traitement métallurgique des concentrés de minerais de fer de la République du Niger. Ce n'est pas l'objectif de la présente étude d'examiner quels sont les procédés de production d'acier à prendre en considération pour la République du Niger. Il conviendrait d'examiner ces aspects dans le cadre d'une étude de projet séparée.



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Partie E

Conclusions et perspectives



E.	Conclusions et perspectives d'utilisation des minerais de fer de Say dans la république du Niger	E 1
E.1	Besoin de fer et d'acier du Nigeria, de la république du Niger et des pays voisins	E 1
E.2	Possibilités d'utilisation des minerais de fer de Say au Nigeria et en république du Niger	E 3
E.2.1	Exportation des minerais	E 3
E.2.2	Utilisation et affinage des minerais au Niger	E 4
E.3	Demande, réserves et exploitation des minerais de fer	E 5
E.3.1	Demande de minerai de fer	E 5
E.3.2	Région de réserve	E 5
E.3.3	Exploitation	E 6
E.4	Installations du traitement	E 7
E.5	Conception d'une mini-usine sidérurgique dans la république du Niger	E 8

E. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES D'UTILISATION DES MINERAIS DE FER DE SAY DANS LA REPUBLIQUE DU NIGER

L'objet de la présente Etude préliminaire des gisements de fer à Say était l'élaboration des données et paramètres technico-économiques destinés à servir de base pour une étude de préfaisabilité ou de faisabilité, telle que proposée par RIDDEL et COHEN en 1978.

Quoique cela dépasse le cadre d'une étude préliminaire, nous soumettrons ci-après quelques réflexions et conclusions concernant l'appréciation et la mise en valeur des minerais de fer au Niger.

E.1 BESOIN DE FER ET D'ACIER DU NIGERIA, DE LA REPUBLIQUE DU NIGER ET DES PAYS VOISINS

RIDDEL et COHEN demandaient dans leur Rapport NNJC/02/78 de déterminer les besoins de fer et d'acier du Nigéria, de la République du Niger et de quelques pays voisins et recommandaient de confier cette tâche aux membres CONINICO.

Nous ne savons pas si ces données et statistiques ont été recueillies jusqu'à présent. Nos réflexions se fondent sur les statistiques de certaines années et sur des informations relevées dans la presse. Elles sont donc incomplètes et ne peuvent que refléter des ordres de grandeurs des besoins et de la production de fer et d'acier.

NIGER

Etant donné qu'il n'existe pas, à la République du Niger, une production propre d'acier et de fer, les importations correspondent à la consommation de ces produits dans le pays.

Les chiffres de consommation de fer et d'acier de la République du Niger étaient disponibles pour les années 1975, 1976, 1977 (partiellement) et 1981:

Année	Quantité en t	Valeur
1975	7.707	1.150.000.000 FCFA
1976	17.272	6.230.000 US \$
1977 (5 mois)	7.275	1.338.000.000 FCFA
1981	12.994	8.634.000 US \$

Ces quantités comprennent les catégories de marchandises les plus diverses, donc aciers plats et tôles plates, aciers marchands, aciers profilés, fils de fer, tubes, pièces moulées etc., pour lesquels les chiffres de consommation respectifs varient aussi fortement d'année en année que la consommation totale de produits d'acier et de fer au Niger.

Les chiffres connus indiquent une consommation maximale de 20.000 t/an de fer et d'acier de la République du Niger.

Pour les pays voisins (Haute-Volta, Tchad, Mali) il n'existe pas de chiffres statistiques. Si l'on admet une consommation de fer et d'acier par habitant, analogue à celle de la République du Niger, la consommation pour l'ensemble de ces pays devrait se situer autour de 80.000 t/an.

#### NIGERIA

Pour le Nigéria, des chiffres statistiques n'étaient pas disponibles sur les quantités de fer et d'acier importées, toutefois les valeurs en dollars US des importations des années 1978 ( 709.480 millions de \$ US ) et 1979 (585.685 millions de \$ US).

L'annuaire des statistiques d'acier du 'INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE, BRUXELLES', indiquait, pour l'importation et la consommation de fer et d'acier au Nigéria, les chiffres suivants:

Année	Importations qté en t	Consommation qté en t
1978	1 024 000	1 380 000
1979	698 000	1 025 000
1980	1 500 000	1 900 000
1981	1 400 000	1 750 000

Il en ressort qu'au cours des années citées, env. 350.000 t/an d'acier ont été produites dans le pays même dans une petite aciérie existante.

Pour couvrir l'ensemble de la demande de fer et d'acier par production dans le pays même, deux grands complexes d'aciérie sont resp. en construction et en service depuis 1982:

1. A Warri (Bendel State) la Delta Steel Company Limited exploite depuis 1982 une installation à réduction directe d'une capacité de 1.200.000 t/an de fer de réduction directe. Le besoin en minerai de fer pour cette installation à réduction directe s'élève à 1.500.000 t de boulettes de minerai de fer (à 66 % de Fe; 0,015 à 0,03 % de P et 0,02 % de S) et de minerai en morceaux qu'il est prévu d'acheter en Guinée et au Brésil.
2. Une aciérie d'une capacité de 1.300.000 t/an de produits d'acier est en construction à Ajaokuta (Kwara State) pour la Ajaokuta Steel Company Ltd., dont la mise en service est prévue pour 1983/84. L'approvisionnement de cette aciérie est prévu à partir du gisement de minerais de fer d'Itakpe découvert et prospecté dans l'état de Kwara au cours des dernières années. Ce gisement renfermerait 200 millions de tonnes de minerai de fer hématite et magnétite avec env. 30 à 36 % de Fe, susceptible d'être concentré par traitement minéralurgique, à env. 67 % de Fe, moins de 0,04 % de P et env. 4 % de SiO<sub>2</sub>.

E.2 POSSIBILITES D'UTILISATION DES MINERAIS DE FER DE SAY  
AU NIGERIA ET EN REPUBLIQUE DU NIGER

E.2.1 EXPORTATION DES MINERAIS

Les renseignements sur les qualités des minerais de fer exigées pour les aciéries du Nigeria montrent que l'on y utilisera des minerais de fer de qualité supérieure ou des boulettes avec des teneurs en Fe supérieures à 65 % et des teneurs en P inférieures à 0,04 %.

De tels minerais riches sont actuellement disponibles et exploités dans de gros gisements à raison de plusieurs milliards de tonnes au total, au Brésil, au Vénézuéla, en Guinée, au Libéria et dans d'autres pays. Les prix des minerais CIF port européen se situent pour 1984 pour les minerais en morceaux de qualité supérieure autour de 20 à 25 \$ US/t et pour les boulettes autour de 27 à 32 \$ US/t.

En raison de leur composition et de leur concentration, pouvant être obtenue par traitement minéralurgique, à env. 54 % de Fe avec env. 2 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> les minerais de fer de Say du Niger ne conviennent donc pas pour une utilisation en tant que minerais de fer ou de boulettes dans les aciéries du Nigéria.

La teneur extrêmement élevée en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des minerais du Niger est également un obstacle à l'exportation et à l'utilisation de ces minerais dans les aciéries des pays dépourvus d'une propre base de minerais de fer.

A noter aussi la situation éloignée de la côte des gisements de minerais du Niger présente l'inconvénient de coûts de transport extrêmement élevés.

Une exploitation des minerais du Niger pour l'exportation peut donc être exclue.

#### E.2.2 UTILISATION ET AFFINAGE DES MINERAIS AU NIGER

Les minerais de fer de Say devraient en fin de compte être utilisés dans une aciérie propre nouvelle en République du Niger. La capacité d'une telle aciérie ne pourrait, toutefois, être que très faible. La consommation annuelle d'acier au Niger était au cours des dernières années inférieure à 20.000 tonnes. Même si l'on y ajoute la consommation évaluée de quelques pays voisins éloignés de la côte et ne possédant pas de propre production d'acier (Haute-Volta, Tchad, Mali), on obtient un besoin total de 80 à 100.000 t/an d'acier couvrant toutes les qualités et tous les produits d'acier.

Une aciérie dans la République du Niger pour couvrir la demande nationale et celle des pays voisins est donc à prévoir avec une capacité maximale de 100.000 t/an. Il faut tenir compte du fait que dans une telle usine, ne pourraient être produits que les aciers courants les plus importants, tels que les aciers de construction, les tôles d'acier et les aciers profilés. Une production d'aciers spéciaux ne serait absolument pas rentable en raison de la faible demande dans le pays même et aussi dans les pays voisins. L'aciérie et les installations de transformation sont décrites en détail dans le paragraphe E.5 et représentées dans un flow-sheet (fig. E-1).

### E.3 DEMANDE, RESERVES ET EXPLOITATION DES MINERAIS DE FER

#### E.3.1 DEMANDE DE MINERAI DE FER

Pour la production de 100.000 tonnes d'acier par an, il faut pour un enrichissement du tout-venant renfermant env. 50,5 % de Fe en un concentré de Fe de 54 % dans une installation telle que décrite sous paragraphes C.6 et E.4 ci-après, extraire environ 300.000 t de minerai de fer par an.

#### E.3.2 REGION DE RESERVE

Il est recommandé d'extraire ces quantités de minerai de fer relativement faibles dans la région de Doguel Kaina-Say du gisement,

- présentant un minerai de fer à teneur aussi élevée que possible
- avec peu ou pas du tout de recouvrement
- située aussi près que possible du fleuve Niger afin de disposer d'eau pour le traitement.

Ces conditions sont remplies dans une aire de gisement d'une superficie d'environ 3,4 km<sup>2</sup> (voir paragraphe B 7.1 et annexe B-10) à l'Ouest et au Sud-Est de Doguel Kaina, où la puissance de recouvrement est inférieure à 10 m. Dans cette région, l'exploitation pourrait d'abord être limitée à l'horizon supérieur de minerai de fer des Oolithes Indurées. Cet horizon présente ici une puissance moyenne de 2,22 m et des teneurs moyennes en Fe de 50,35 % et de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,55 %.

Les réserves d'Oolithes Indurées s'élèvent dans cette région à 20,1 millions de tonnes de minerai de fer et seraient suffisantes pour 60 années à raison d'une production annuelle de 300.000 tonnes.

### E.3.3 EXPLOITATION

L'exploitation se fera obligatoirement à ciel ouvert. Dans la région d'exploitation en question, il faut s'attendre en moyenne à un rapport minerai:recouvrement de 1 : 2,5. Cela signifie qu'en plus des 300.000 t/an extraites il faut encore éliminer 750.000 t/an de déblais de recouvrement meuble en général.

L'excavation et l'exploitation de l'horizon de minerai de fer sera probablement possible sans travaux de tirage et pourrait se faire par buteur chenillé à dents de scarification. Ceci devra toutefois encore être examiné par un essai sur le terrain.

Le travail de chargement, tant pour les déblais que pour le minerai de fer pourra être assuré par deux pelles chargeuses à roues d'une capacité de godet de 4,5 m<sup>3</sup>.

Comme le site des installations de traitement n'a pas encore été déterminé, si bien que la distance de la mine aux installations de traitement n'est pas connue, il a été admis une distance de transport entre mine et installations de traitement ainsi que entre mine et lieu de décharge des déblais, de respectivement 2000 m, pour calculer le besoin de véhicules de transport.

Compte tenu de ces distances de transport et d'une utilisation de dumpers de 25 t, il faudrait prévoir 7 dumpers pour le transport de 1000 t de minerai par jour de travail et de 2.500 t de déblais par jour de travail.

D'autre part, il faudrait prévoir dans la mine un marteau hydraulique monté sur châssis de pelle pour le concassage secondaire de gros blocs de minerai. Pour la construction et l'entretien des routes, il faudra en outre un grader.

L'équipement de la mine pour une exploitation à ciel ouvert de 300.000 t/an de minerai de fer et de 750.000 t/an de déblais, comprenant les engins d'exploitation à ciel ouvert mentionnés (rip-dozer, pelles chargeuses à roues, dumpers, marteau hydraulique et grader, ainsi que véhicules pour le personnel et le matériel) exigerait un investissement de dollar US 2.200.000 (sur base de prix allemands 1984).

Cette estimation des investissements ne comprend pas les coûts

- de pièces de rechange pour les engins et machines mentionnés
- des services annexes tels qu'ateliers, magasins, bureaux et locaux pour le personnel
- des travaux d'infrastructure.

Il s'agit ici d'une estimation grossière qui devra encore être précisée par une planification détaillée de l'exploitation, du parc et de l'emploi des machines, dans le cadre d'une étude de faisabilité.

#### E.4

#### INSTALLATIONS DU TRAITEMENT

La production de 100.000 tonnes d'acier par an exige une extraction de minerai de fer d'environ 300.000 tonnes.

Un équipement d'enrichissement de ce tonnage extrait, c'est-à-dire pour la production d'environ 200.000 tonnes de concentré, devrait avant tout comprendre les machines suivantes:

- un concasseur à mâchoires pour le concassage primaire,
- un crible vibrant pour le criblage intermédiaire,
- un concasseur à percussion pour le concassage secondaire,
- tamis incurvé ou microtamis pour la séparation des fines inférieures à 0,5 mm
- un bac ou tambour de lavage/attrition pour l'élimination des impuretés adhérent sur les oolites et
- un filtre plan pour la déshydratation du concentré.

Pour la réalisation de cette installation de traitement, complètement équipée avec le matériel de manutention intermédiaire et les équipements électriques, les services auxiliaires et annexes, il faudra prévoir, dans les conditions actuelles, un investissement de 3,0 à 3,5 millions de \$ US.

L'installation pourra être exploitée avec un effectif de 45 à 50 personnes. La consommation d'eau sera approximativement de 60 m<sup>3</sup>/h, dont 20 m<sup>3</sup>/h environ pourront être recyclés. Il faudra donc prélever 40 m<sup>3</sup> d'eau fraîche par heure du fleuve Niger.

La réalisation de l'installation de traitement demandera jusqu'à la mise en production 24 à 28 mois, à compter de la passation de la commande.

Auparavant il faudra toutefois effectuer, dans le cadre d'une étude de faisabilité, des examens approfondis en vue de la définition exacte des machines, de l'enregistrement des conditions d'infrastructure et de sélection du lieu d'implantation.

#### E.5 CONCEPTION D'UNE MINI-USINE SIDERURGIQUE DANS LA REPUBLIQUE DU NIGER

Les besoins en acier et produits de fonte de la République du Niger et des pays voisins ont été estimés, au paragraphe E.3.1, à env. 100.000 t/an.

Ces quantités d'acier peuvent être produites dans une mini-usine sidérurgique comprenant les phases opératoires suivantes, à concevoir en fonction des capacités respectives (fig. E-1).

En aval du convertisseur il faudra prévoir une installation de coulée continue et un laminoir pour la fabrication des produits d'acier les plus importants dont la République du Niger a besoin, tels que acier de construction, aciers profilés et tôles d'acier.

Les coûts d'investissement d'une telle mini-usine sidérurgique d'une production de 100.000 t/an en rase campagne sont d'un ordre de grandeur de 60 à 80 millions de dollar US.

Cette conception et ces chiffres ne constituent que des estimations, qu'il conviendrait d'examiner en détail dans le cadre d'une étude de faisabilité séparée.

Les investissements globaux pour les engins et installations d'extraction, de traitements minéralurgiques et métallurgiques des minerais de fer de Say pour la production de 100.000 tonnes d'acier et de fonte par an sont estimés à 66 à 85 millions de dollars US, les travaux d'infrastructure, la construction des services annexes etc., n'étant pas compris dans ce montant.

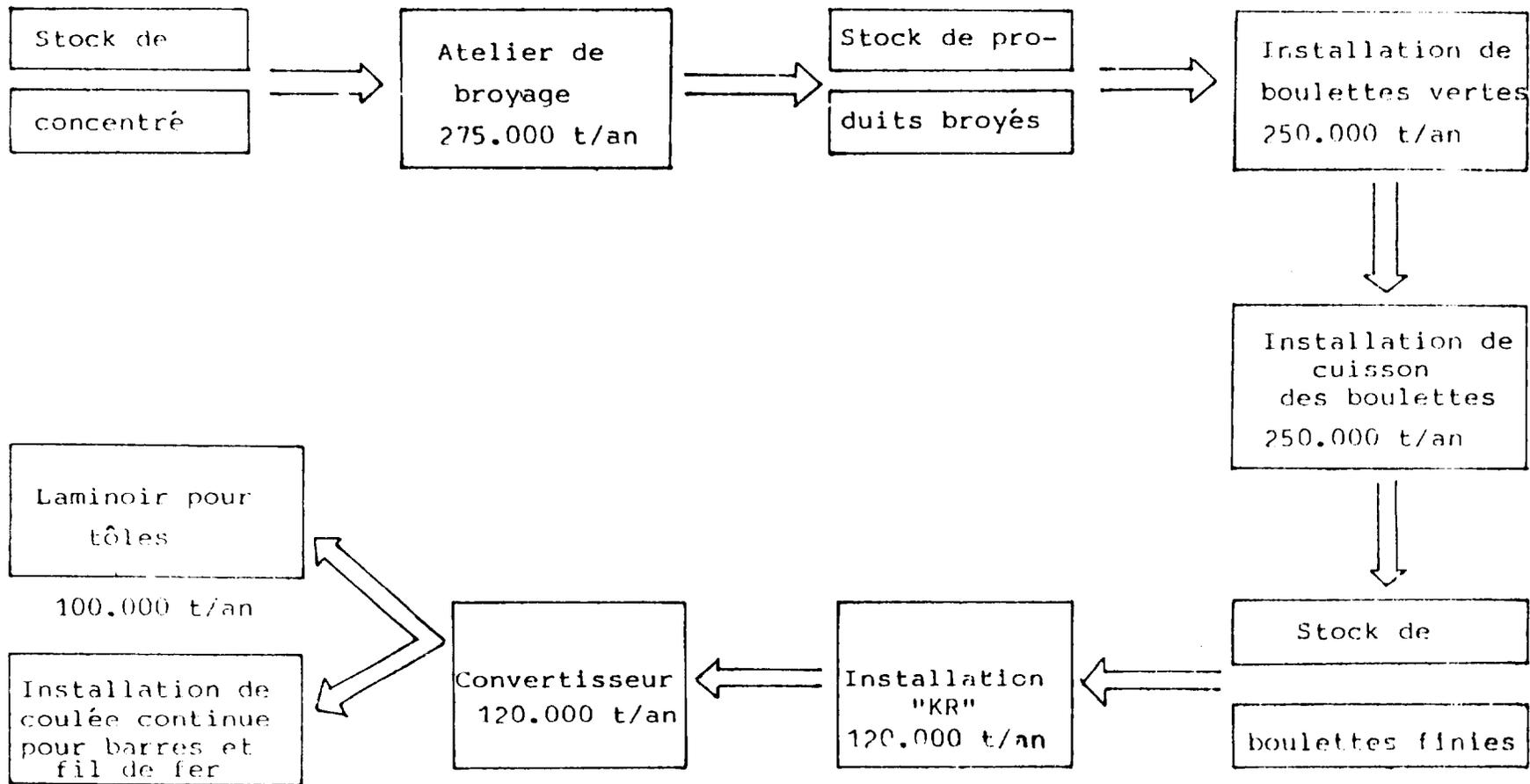


Fig. E 1: Conception d'une mini-usine sidérurgique pour la République du Niger

BIBLIOGRAPHIE POUR LES PARTIES:

A. RESUMEE ET INTRODUCTION et

B. GEOLOGIE

- ADELEYE, D.R. (1973): Origin of Ironstones, an Example from the middle Niger Valley, Nigeria.  
Jour. Sed. Petrology, 43, pp 709 - 729
- Belpaume, D. (1961): In: BOURNAT, G.(1961):  
Etudes des gisements de fer dans la Région de Niamey, Campagne 1960-1961. B.R.G.M. pour Ministre des Travaux Publics et des Mines, République du Niger
- BERG, G. (1944): Vergleichende Petrographie oolithischer Eisenerze.  
Arch. Lagerstättenforsch., 76, 128 S., 6 Taf., 131 Abb. Berlin
- BORCHERT, H. (1964): Über Faziestypen von marinen Eisenerz-lagerstätten.  
Ber. geol. Ges. DDR, 9, H.2, S. 163 - 193, Berlin
- BOULANGER, J. (1962): Les gites de fer de la vallee du moyen Niger  
O.C.R.S. pour Ministère des Travaux Publics des Mines et de l'Hydraulique, République du Niger
- BOURNAT, G. (1961): Etudes des gisements de fer dans la Région de Niamey, Campagne 1960 - 1961.  
B.R.G.M. pour Ministre des Travaux Publics et des Mines République du Niger
- BRAUN, H. (1964): Zur Entstehung der marin-sedimentären Eisenerze  
Clausthaler Hefte zur Lagerstättenkunde und Geochemie der mineralischen Rohstoffe, H.2, Berlin
- CHERMETTE, A. (1938): Le fer dans le cercle de Kandi (haut Dahomey)  
Bull. Serv. Mines, A.O.F. Dakar No. 2
- COHEN, H.E. & RIDDEL, W.J.  
(1978): Utilisation des gisements de fer de Say en République du Niger.  
Rapport final NNJC/02/78;  
Projet No. SI/RAF/77/802/11-01/31.8 C  
B.N.U.C.T., New York



- GREIGERT, J. (1966): Descriptions de formations crétacées et tertiaires du bassin des Iullemeden.  
Edit. B.R.G.M., Paris, pour la Direction des Mines et de la Géologie, République du Niger
- JONES, H.A. (1955): The Oöloitic Ironstones of the Agbaja Plateau, Kabba Province, Nigeria.  
Records of the Geological Survey of Nigeria, pp 20 - 43, Lagos
- JONES, H.A. (1965): Ferruginous Oölites and Pisolites.  
Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 35, No. 4, pp 838 - 845, Figs. 1 - 10
- KOGBE, C.A. (1977): The ferruginous Oölites and Laterites from the north-western Nigeria Basin.  
(Only copy without complete quotation available)
- KOGBE, C.A. (date of publication not available): Origin and Composition of the Ferruginous Oölites and Laterites of north-western Nigeria.  
(Only copy without complete quotation available)
- LEMOALLE, J. & DUPONT, B.  
(date of publication not available):  
Iron-bearing Oölites and the Present Conditions of Iron Sedimentation in Lake Chad (Africa).  
(Only copy without complete quotation available)
- MACHENS, E. (1967): Carte géologique du Niger Occidental 1:200.000 avec Notice explicative.  
Edit. BRGM, Paris pour Direction des Mines et de la Géologie, République du Niger
- McFARLANE, M.J. (1976): Laterite and Landscape.  
Academic Press, London - New York - San Francisco
- REFORMATSKY, N. (1935): Quelques notes sur les laterites et les roches ferrugineuses de l'Quest de la colonie du Niger français.  
Bull. Soc. geol. Fr., 5, pp 575 - 590
- SEIBOLD, E. (1955): Eisen- und Kalkgehalt einiger Horizonte des Süddeutschen Jura,  
Geol. Jb., 70, S. 577 - 610, Hannover



C. ESSAIS MINERALURGIQUES

SCHUBERT, H. (1975): Processing of solid, mineral raw materials, vol. I and II  
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 3rd edition 1975

MULAR, A.L. & BHAPPES, R.B.  
(1980): Mineral Processing Plant Design  
Society of Mining Engineers, New York 1980, 2nd edition

GROSSEL, D. ENSZ, J., SCHULZ, A.  
(1983): Einsatz neuer Technologien zur Aufbereitung des limonitischen Salzgitter-Eisenerzes.  
Erzmetall 36 (1983), Part I: H. 9, P. 436  
Part II: H. 10, P. 485



D. METALLURGIE

BROTZMANN, K., LANKFORD, W.T. and BRISSE, A.H.;  
Brisse, Ironmaking and Stellmaking, 1976, No. 5  
p. 265

DIRECT FROM MIDREX;  
Vol. 8, 1983, No. 4, p. 9

EDSTROEM, J.O.;  
Lecture held at ECE-Seminar on the economics of  
direct reduction Noordwijkerhout, May 1983

HARTWIG, J., NEUSCHÜTZ, D. & RADKE D.;  
Lecture held at ECE-Seminar on the economics of  
direct reduction, Noordwijkerhout, May 1983

Japanese Patent No. 33 18 332 dated 01/12/1983.

KORF ENGINEERING GmbH, Company pamphlet, Düsseldorf 1983 and  
Düsseldorf 1984

LEPINSKI, J.A.;  
Lecture held at AISE Annual Convention,  
Cleveland, Ohio, Sep. 1979

PRICE, J.F. & DOMINGUEZ, C.;  
Lecture held at ECE-Seminar on the economics of  
direct reduction, Noordwijkerhout, May 1983

RANGEL, R., SCHNABEL, W. & SERVENT, H.;  
Symposium on extractive metallurgy, London,  
Sept. 1983, p. 193-201

SZEKELY, J., Metallurgical Transactions, Vol. IIB, Sept. 1980,  
p. 362

ULRICH, K.H. & JANSSEN, W.;  
ECE-Seminar on the economics of direct  
reduction, Noordwijkerhout, May 1983



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

- 5 -

E. UTILISATION DES MINERAI DE FER

BULLETIN DE STATISTIQUE, No. 76, 4. Trimestre, pour l'année 1977  
BULLETIN DE STATISTIQUE, No. 80, 4. Trimestre, pour l'année 1978  
publ. par/by: Ministère du Plan, République du Niger

COMMODITY TRADE STATISTICS, by United Nations  
Statistical Papers 1978, Series D, Vol. 28, No. 1-21  
Statistical Papers 1979, Series D, Vol. 29, No. 1-26  
Statistical Papers 1981, Series D, Vol. 31, No. 1-19

STEEL STATISTICAL YEARBOOK, INTERNATIONAL IRON AND STEEL  
INSTITUTE, Brüssels 1982



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Liste des annexes

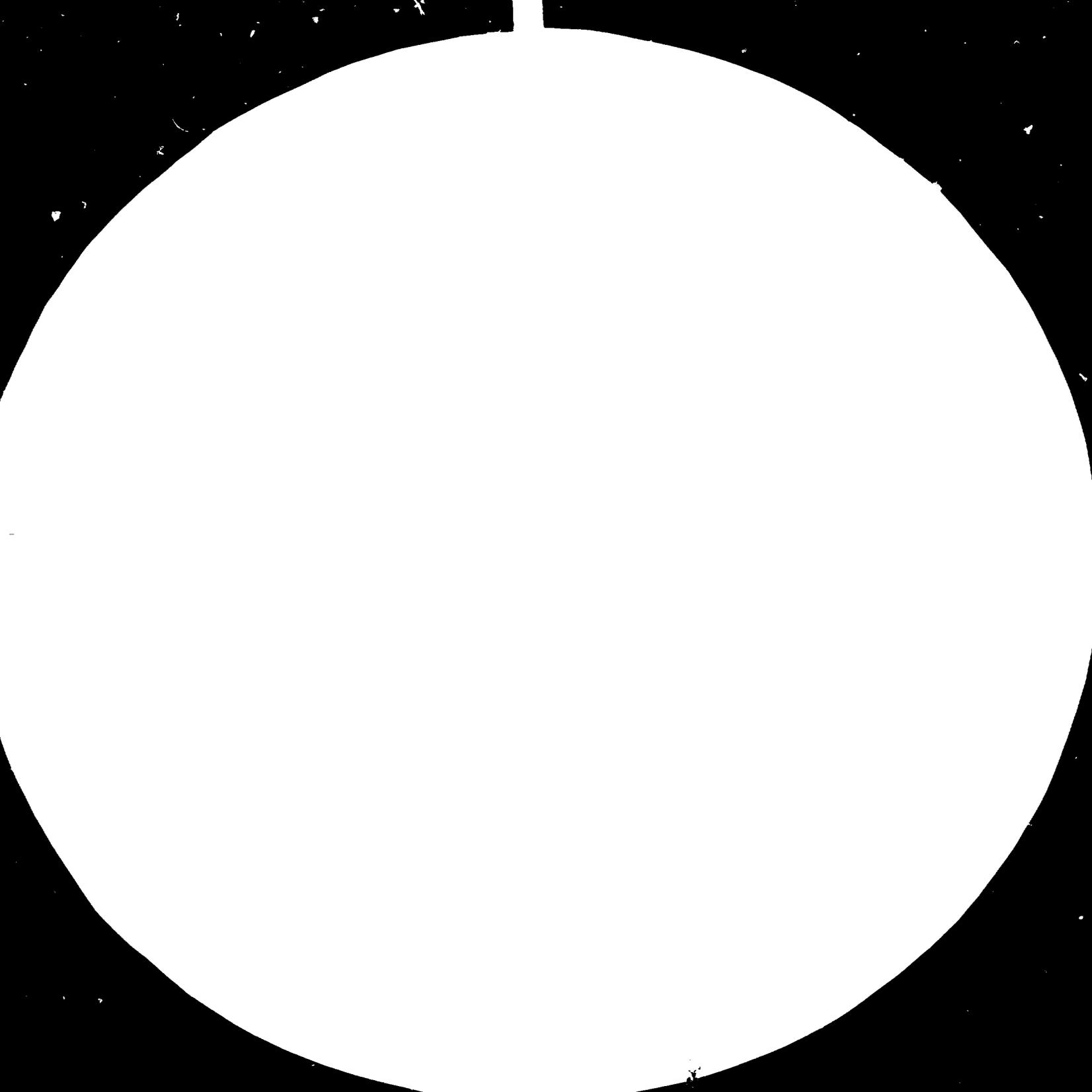
No. d'annexe Désignation.

- C.1 Analyse granulométrique, échantillon 1, tout-venant, avec analyses chimiques
- C.2 Représentation graphique de l'analyse granulométrique, échantillon 1, tout-venant
- C.3 Récapitulation de l'analyse granulométrique, échantillon 1
- C.4 Analyse granulométrique, échantillon 2, tout-venant, avec analyses chimiques
- C.5 Représentation graphique de l'analyse granulométrique, échantillon 2, tout-venant
- C.6 Récapitulation de l'analyse granulométrique, échantillon 2
- C.7 Fractionnement par concasseur à marteaux, échantillon 1
- C.8 Représentation graphique de l'analyse granulométrique
- C.9 Regroupement de fractions granulométriques
- C.10 Regroupement de fractions granulométriques
- C.11 Fractionnement par concasseur à marteaux, échantillon 2
- C.12 Représentation graphique de l'analyse granulométrique
- C.31 Regroupement de fractions granulométriques
- C.14 Regroupement de fractions granulométriques
- C.15 Echantillon 1, attrition de 5 minutes



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

- C.16 Regroupement de fractions granulométriques
- C.17 Echantillon 1, attrition de 7 minutes
- C.18 Regroupement de fractions granulométriques
- C.19 Echantillon 1, attrition de 10 minutes
- C.20 Regroupement de fractions granulométriques
- C.21 Echantillon 2, attrition de 7 minutes
- C.22 Regroupement de fractions granulométriques
- C.23 Echantillon 2, attrition de 10 minutes
- C.24 Regroupement de fractions granulométriques
- C.25 Echantillon 2, attrition de 13 minutes
- C.26 Regroupement de fractions granulométriques
- C.27 Echantillon 1, analyse par liqueurs denses
- C.28 Echantillon 2, analyse par liqueurs denses
- C.29 Echantillon 1, essais Jones 1,5 tesla
- C.30 Echantillon 1, essais Jones 1,2 tesla
- C.31 Echantillon 1, essais Jones 0,8 tesla
- C.32 Echantillon 2, essais Jones 1,5 tesla
- C.33 Echantillon 2, essais Jones 1,2 tesla
- C.34 Echantillon 2, essais Jones 0,8 tesla
- C.35 Echantillon 1 - analyse granulométrique  
fractionnement 0,1 mm
- C.36 Echantillon 2 - analyse granulométrique  
fractionnement 0,1 mm
- C.37 Echantillon 1 - essai Jones, produit 0,1 mm,  
1,5 tesla





4 2.8



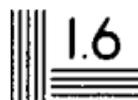
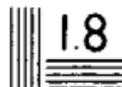
3.2



3.6



4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010  
ANALOGUE TEST CHART NO. 1



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

- |      |   |                    |
|------|---|--------------------|
| C.38 | Echantillon 1 - essai Jones, produit<br>1,2 tesla                                 | 0,1 mm,            |
| C.39 | Echantillon 1 - essai Jones, produit<br>1,0 tesla                                 | 0,1 mm,            |
| C.40 | Echantillons 1 et 2 (1:2), essai Jones,<br>produit 0,1 mm, 1,5 tesla              |                    |
| C.41 | Echantillons 1 et 2 (1:2), essai Jones,<br>produit 0,1 mm, 1,2 tesla              |                    |
| C.42 | Echantillons 1 et 2 (1:2), essai Jones,<br>produit 0,1 mm, 1,0 tesla              |                    |
| C.43 | Echantillon 1 - essai Jones<br>1,5 tesla  | 0,1 mm, déschlam., |
| C.44 | Echantillon 1 - essai Jones<br>1,2 tesla  | 0,1 mm, déschlam., |
| C.45 | Echantillons 1 et 2 (1:2), essai Jones,<br>déschlam., 1,5 tesla                   | 0,1 mm,            |
| C.46 | Echantillons 1 et 2 (1:2), essai Jones,<br>déschlam., 1,2 tesla                   | 0,1 mm,            |
| C.47 | Echantillon 1 et 2, flow-sheet de production de<br>concentré pour d'autres essais |                    |

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: ( )

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Rohmaterial, raw material, matiere premiere

product		Fe				SiO2				P2O5			
produit		mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov		
		masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit		
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
1. :	>80 mm	2.09	52.660	110.06	2.22	5.110	10.68	1.29	2.030	4.24	2.57		
2. :	80-60 mm	10.47	52.460	549.26	11.07	5.320	55.70	6.73	1.990	20.84	12.62		
3. :	60-40 mm	20.83	53.890	1122.53	22.61	4.560	94.98	11.47	1.670	34.79	21.07		
4. :	40-20 mm	23.11	50.760	1173.06	23.63	6.920	159.92	19.31	1.760	40.67	24.64		
5. :	20-10 mm	9.20	50.820	467.54	9.42	8.100	74.52	9.00	1.550	14.26	8.64		
6. :	10- 8 mm	0.70	48.640	34.05	0.69	10.660	7.46	0.90	1.670	1.17	0.71		
7. :	8- 5 mm	2.09	50.000	104.50	2.11	9.750	20.38	2.46	1.660	3.47	2.10		
8. :	5- 3 mm	1.48	48.090	71.17	1.43	10.350	15.32	1.85	1.470	2.18	1.32		
9. :	3- 2 mm	2.12	49.530	105.00	2.12	7.950	16.85	2.04	1.700	3.60	2.18		
10. :	2- 1 mm	13.21	49.940	659.71	13.29	6.350	83.88	10.13	1.550	20.48	12.40		
11. :	1- 0,5 mm	7.72	46.040	355.43	7.16	10.820	83.53	10.09	1.610	12.43	7.53		
12. :	< 0.5 mm	6.98	30.280	211.35	4.26	29.350	204.86	24.74	1.000	6.98	4.23		
feed/alimentation		100.00	49.637*	4963.67	100.00	8.281*	828.09	100.00	1.651*	165.10	100.00		
			48.840			8.130			1.680				

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

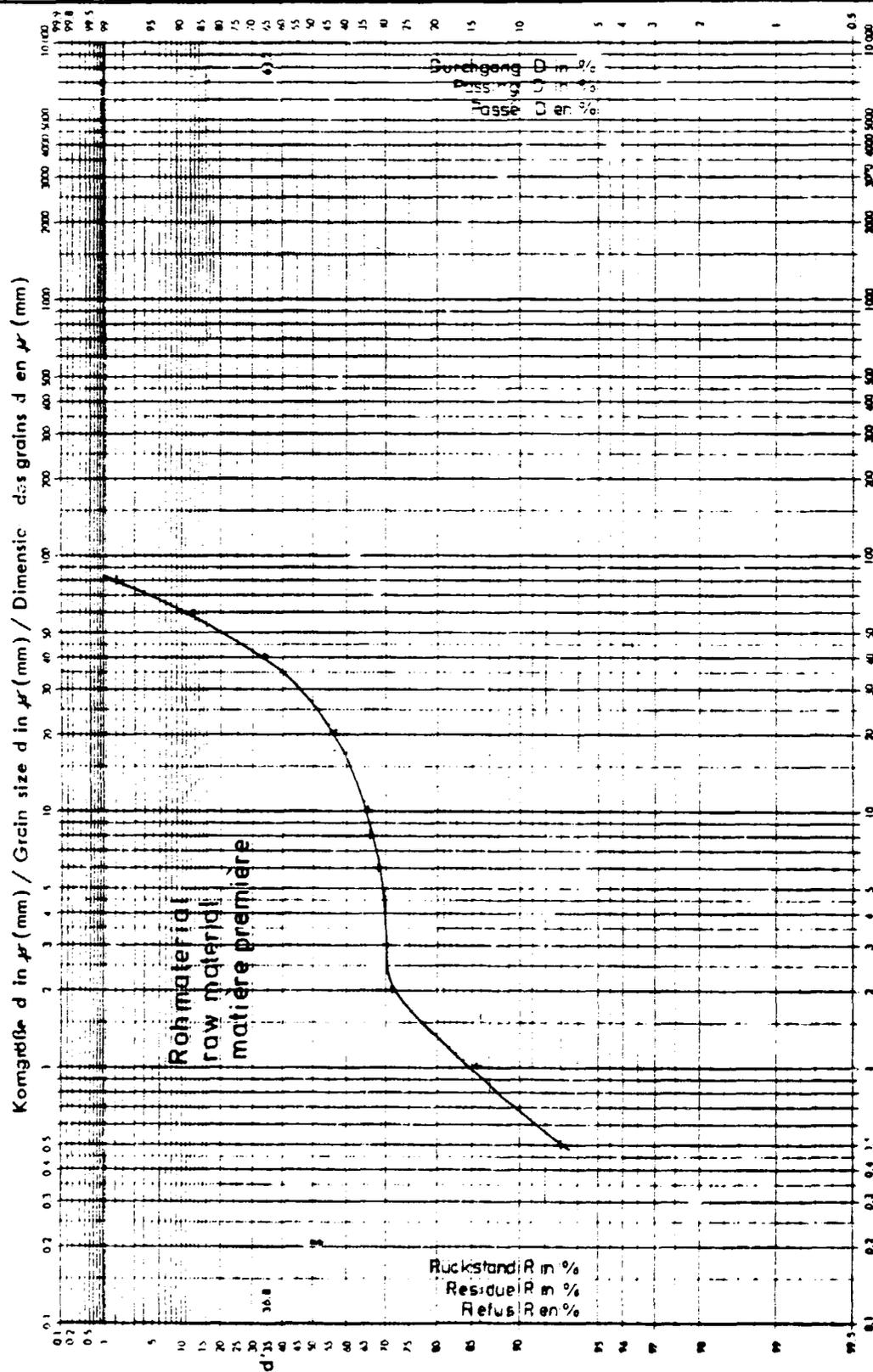


Körnnetz / Grading graph  
Diagramme granulométrique

Werkz. 12  
Datum:  
Date: 06.01.1986

Maschine:  
Machine:  
Appareil:

Stoff: Eisenerz Firma:  
Material: iron ore Probe 1 Customer:  
Produit: mineral de fer Client:



KHD  
HUIBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: 03

Probe, sample, echantillon 1  
Rohmaterial, raw material, matiere premiere

iron ore/minerai de fer  
Niger

product produit	Fe			SiO2			P2O5		
	mass masse	content teneur	recov debit	content teneur	recov debit	content teneur	recov debit	content teneur	recov debit
	% V/0%	%	%	%	%	%	%	%	%
>80 mm	2.09	52.660	2.22	5.110	10.68	1.29	2.030	4.24	2.57
80-60 mm	11.51	52.460	11.07	5.320	55.70	6.73	1.990	20.84	12.62
60-40 mm	22.91	53.890	22.61	4.560	94.98	11.47	1.670	34.79	21.07
40-20 mm	25.42	50.760	23.63	6.920	159.92	19.31	1.760	40.67	24.64
20-10 mm	10.12	50.820	9.42	8.100	74.52	9.00	1.550	14.26	8.64
10- 8 mm	0.77	48.640	0.69	10.660	7.46	0.90	1.670	1.17	0.71
8- 5 mm	2.30	50.000	2.11	9.750	20.38	2.46	1.660	3.47	2.10
5- 3 mm	1.63	48.090	1.43	10.350	15.32	1.85	1.470	2.18	1.32
2- 1 mm	2.33	49.530	2.12	7.950	16.85	2.04	1.700	3.60	2.18
1- 0,5 mm	8.49	46.040	7.16	10.820	83.88	10.13	1.550	20.48	12.40
80-0,5mm	100.00	51.053*	93.52	6.737*	612.55	73.97	1.692*	153.88	93.20
< 0.5 mm	6.98	30.280	4.26	29.350	204.86	24.74	1.000	6.98	4.23
feed/alimentation	100.00	49.637*	100.00	8.281*	828.09	100.00	1.651*	165.10	100.00
		48.840		8.130			1.680		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: 4

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/mineral de fer  
niger

Rohmaterial, raw material, matiere premiere

#####											
			Fe				SiO2			P2O5	
product	mass	content	m%c%	recov	content	m%c%	recov	content	m%c%	recov	
produit	masse	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	
	%	%		%	%		%	%		%	
#####											
1. : >60 mm	1.03	42.550	43.83	1.03	17.480	18.00	1.04	1.200	1.24	1.22	
2. : 60-40 mm	3.14	44.940	141.11	3.30	14.470	45.44	2.62	0.120	0.38	0.37	
3. : 40-20 mm	6.90	41.800	288.42	6.75	17.790	122.75	7.07	1.130	7.80	7.69	
4. : 20-10 mm	7.25	41.660	302.03	7.07	18.500	134.13	7.72	1.040	7.54	7.44	
5. : 10- 8 mm	1.28	40.160	51.40	1.20	20.890	26.74	1.54	0.150	0.19	0.19	
6. : 8- 5 mm	3.79	40.230	152.47	3.57	21.130	80.08	4.61	0.680	2.58	2.54	
7. : 5- 3 mm	3.55	42.620	151.30	3.54	17.990	63.85	3.68	1.590	5.64	5.57	
8. : 3- 2 mm	10.12	50.120	507.21	11.87	8.650	87.54	5.04	1.500	15.18	14.97	
9. : 2- 1 mm	31.23	50.060	1563.37	36.58	7.900	246.72	14.20	1.040	32.48	32.04	
10. : 1- 0.5 mm	17.55	43.640	765.88	17.92	17.190	301.68	17.36	1.220	21.41	21.12	
11. : < 0.5 mm	14.16	21.630	306.28	7.17	43.110	610.44	35.14	0.490	6.94	6.84	
#####											
feed/alimentation	100.00	42.733*	4273.32	100.00	17.374*	1737.38	100.00	1.014*	101.37	100.00	
		40.450			17.700			1.040			
#####											

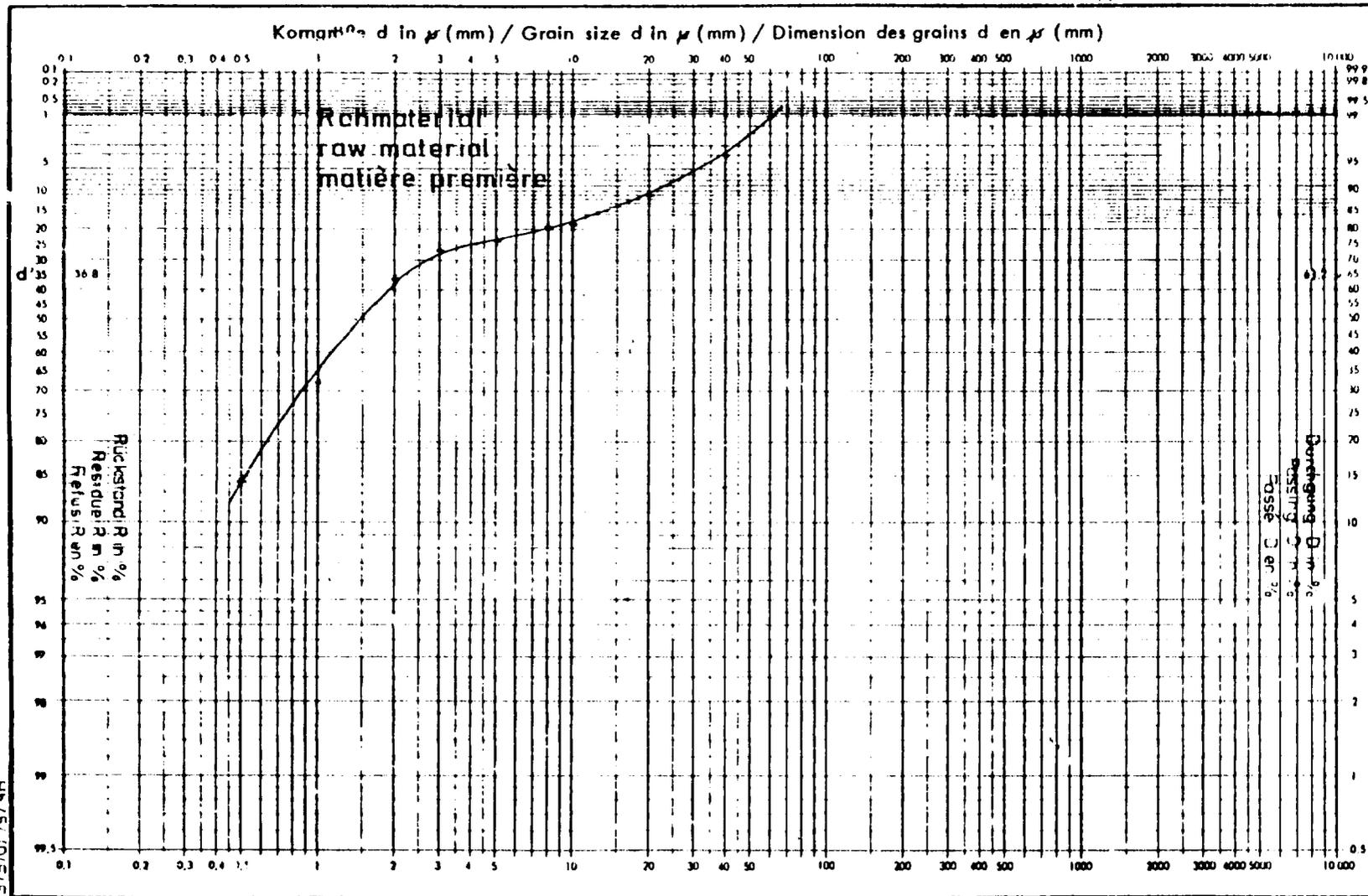
remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

Stoff: Eisenerz  
 Material: iron ore Probe 2  
 Produit: minerai de fer

Firma: \_\_\_\_\_  
 Customer: \_\_\_\_\_  
 Client: \_\_\_\_\_

Maschine: \_\_\_\_\_  
 Machine: \_\_\_\_\_  
 Appareil: \_\_\_\_\_



Körnungsnetz / Grading graph  
 Diagramme granulométrique

HEFT: \_\_\_\_\_  
 Datum: 24.6.1984  
 Date: \_\_\_\_\_

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique  
Niger  
Probe, sampel, echantillon 2  
Rohmaterial, raw material, materie premiere

annex/annexe: C 6

iron ore/mineral de fer  
Niger

product produit	mass		Fe				SiO2		P2O5			
	masse		content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
	%	V/O%	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
>60 mm	1.20	1.03	42.550	43.83	1.03	17.480	18.00	1.04	1.200	1.24	1.22	
60-40 mm	3.66	3.14	41.940	141.11	3.30	14.470	45.44	2.62	0.120	0.38	0.37	
40-20 mm	8.04	6.90	41.800	288.42	6.75	17.790	122.75	7.07	1.130	7.80	7.69	
20-10 mm	8.45	7.25	41.660	302.04	7.07	18.500	134.13	7.72	1.040	7.54	7.44	
10- 8 mm	1.49	1.28	40.160	51.40	1.20	20.890	26.74	1.54	0.150	0.19	0.19	
8- 5 mm	4.42	3.79	40.230	152.47	3.57	21.130	80.08	4.61	0.680	2.58	2.54	
>60-5mm	27.25	23.39	41.867*	979.27	22.92	19.262*	427.14	24.59	0.843*	19.72	19.45	
5- 3 mm	4.14	3.55	42.620	151.30	3.54	17.990	63.86	3.68	1.590	5.64	5.57	
3- 2 mm	11.79	10.12	50.120	507.21	11.87	8.650	87.54	5.04	1.500	15.18	14.97	
2- 1 mm	36.38	31.23	50.060	1563.37	36.58	7.900	246.72	14.20	1.040	32.48	32.04	
1- 0.5 mm	20.45	17.55	43.640	765.88	17.92	17.190	301.68	17.36	1.220	21.41	21.12	
5 0,5mm	72.75	62.45	47.843*	2987.77	69.92	11.206*	699.80	40.28	1.196*	74.71	73.70	
>60-0,5 mm	100.00	85.84	46.214*	3967.04	92.83	13.128*	1126.94	64.86	1.100*	94.43	93.16	
( 0.5 mm		14.16	21.630	306.28	7.17	43.110	610.44	35.14	0.490	6.94	6.84	
feed/alimentation		100.00	42.733*	4273.32	100.00	17.374*	1737.38	100.00	1.014*	101.37	100.00	
			40.450			17.700			1.040			

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 7

Probe, sample, echantillon 1  
Zerkleinerung, crushing, consassage  
Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

iron ore/mineral de fer  
Niger

#####												
#####												
			Fe				SiO2				P2O5	
product	mass	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov	content	m*c%
produit	masse	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
#####												
1. : ) 5 mm	1.32	50.880	67.16	1.35	8.800	11.62	1.44	0.820	1.08	0.66		
2. : 5 - 3 mm	3.28	51.220	168.00	3.37	9.420	30.90	3.83	1.510	4.95	3.01		
3. : 3 - 1 mm	34.21	52.560	1798.08	36.12	5.490	187.81	23.29	2.000	68.42	41.53		
4. : 1 - 0.5 mm	32.51	52.120	1694.42	34.04	5.610	182.38	22.61	1.310	42.59	25.85		
5. : 0.5- 0.3 mm	13.09	48.160	630.41	12.66	9.600	125.66	15.58	1.820	23.82	14.46		
6. : 0.3- 0.1 mm	10.82	41.980	454.22	9.12	15.720	170.09	21.09	1.560	16.88	10.25		
7. : 0.1- 0.063 mm	2.24	36.010	80.66	1.62	20.570	46.08	5.71	1.400	3.14	1.90		
8. : ( 0.063 mm	2.53	33.660	85.16	1.71	20.570	52.04	6.45	1.530	3.87	2.35		
#####												
feed/alimentation	100.00	49.781*	4978.12	100.00	8.066*	806.58	100.00	1.648*	164.75	100.00		
		48.840			8.130			1.680				
#####												

remarks/remerques:

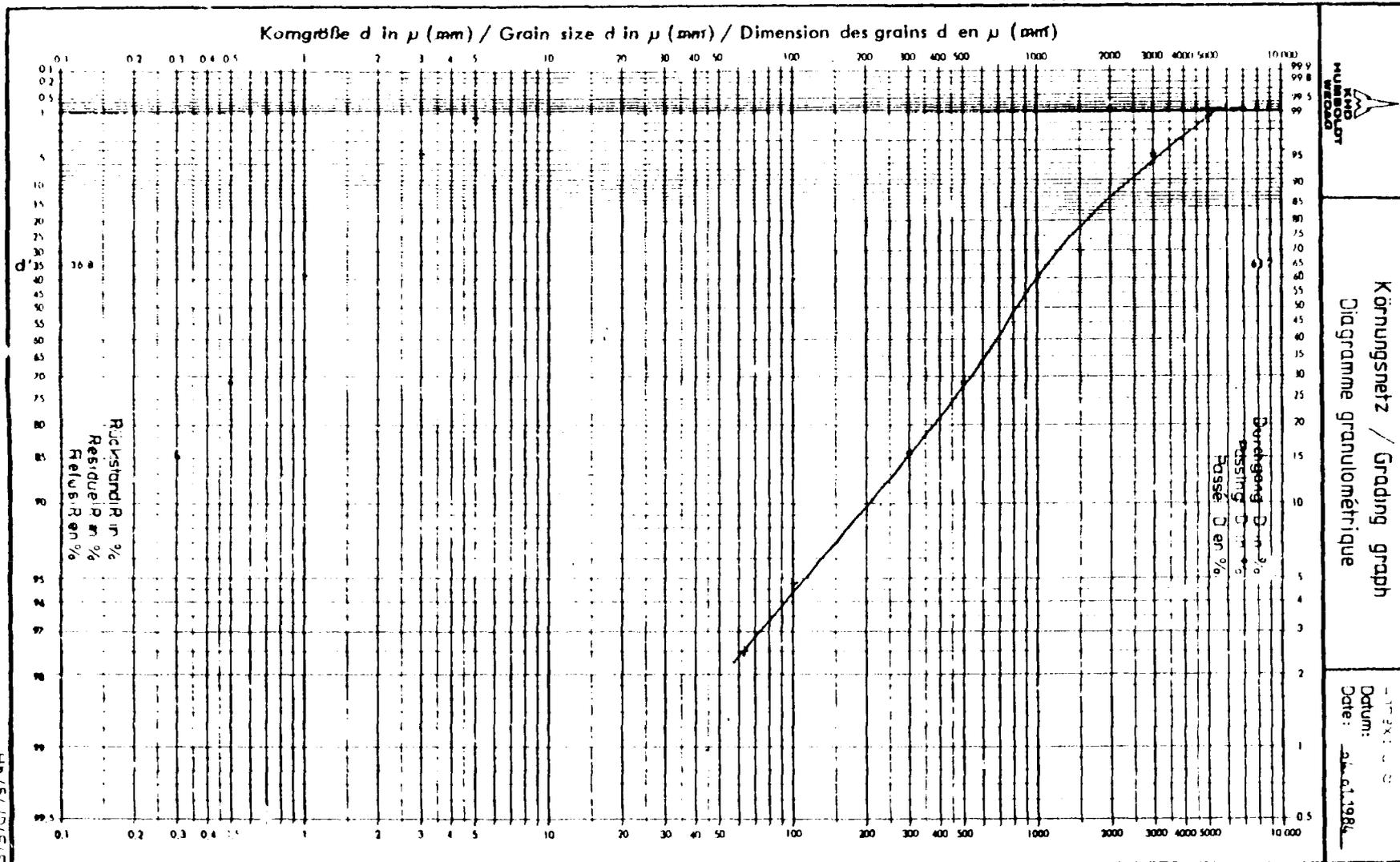
\* = calculated values / valeurs calculees

Stoff: Eisenerz  
 Material: iron ore  
 Produkt: minerai de fer

Probe 1

Firma:  
 Customer:  
 Client:

Maschine: Hammermühle  
 Machine: hammer mill  
 Appareil: broyeur a marteaux



KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 9

Probe, sample, echantillon 1  
Zerkleinerung, crushing, consassage  
Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

iron ore/minerai de fer  
Niger

product produit	Fe			SiO2			P2O5				
	mass	content	recov	content	recov	content	recov				
	masse	teneur	debit	teneur	debit	teneur	debit				
%	%	%	%	%	%	%					
> 5 mm	1.32	50.880	67.15	1.35	8.800	11.62	1.44	0.820	1.08	0.66	
5 - 3 mm	3.28	51.220	168.00	3.37	9.420	30.90	3.83	1.510	4.95	3.01	
3 - 1 mm	34.21	52.560	1798.08	36.12	5.490	187.81	23.29	2.000	68.42	41.53	
1 - 0.5 mm	32.51	52.120	1694.42	34.04	5.610	182.38	22.61	1.310	42.59	25.85	
0.5 - 0.3 mm	54.75	13.09	48.160	630.41	12.66	9.600	125.66	15.58	1.820	23.82	14.46
0.3 - 0.1 mm	45.25	10.82	41.980	454.22	9.12	15.720	170.09	21.09	1.560	16.88	10.25
0.5 - 0.1mm	100.00	23.91	45.363*	1084.64	21.79	12.369*	295.75	36.67	1.702*	40.70	24.71
0.1 - 0.063 mm	46.96	2.24	36.010	80.66	1.62	20.570	46.08	5.71	1.400	3.14	1.90
( 0.063 mm	53.04	2.53	33.660	85.16	1.71	20.570	52.04	6.45	1.530	3.87	2.35
( 0.1mm	100.00	4.77	34.764*	165.82	3.33	20.570*	98.12	12.16	1.469*	7.01	4.25
feed/alimentation	100.00	49.781*	4978.12	100.00	8.066*	806.58	100.00	1.648*	164.75	100.00	
		48.840			8.130			1.680			

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: ( )

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Zerkleinerung, crushing, consassage

Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

product		mass		Fe			SiO2			P2O5		
produit		masse		content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov
		V/0%		teneur	m%*t%	debit	teneur	m% t%	debit	teneur	m%*t%	debit
		%		%	%	%	%	%	%	%	%	%
> 5	mm	1.85	1.32	50.880	67.16	1.35	8.800	11.62	1.44	0.820	1.08	0.66
5 - 3	mm	4.60	3.28	51.220	168.00	3.37	9.420	30.90	3.83	1.510	4.95	3.01
3 - 1	mm	47.97	34.21	52.560	1798.08	36.12	5.490	187.81	23.29	2.000	68.42	41.53
1 - 0.5	mm	45.58	32.51	52.120	1694.42	34.04	5.610	182.38	22.61	1.310	42.59	25.85
> 0.5mm		100.00	71.32	52.267*	3727.66	74.88	5.787*	412.71	51.17	1.641*	117.04	71.04
0.5- 0.3	mm	45.64	13.09	48.160	630.41	12.66	9.600	125.66	15.58	1.820	23.82	14.46
0.3- 0.1	mm	37.73	10.82	41.980	454.22	9.12	15.720	170.09	21.09	1.560	16.88	10.25
0.1- 0.063	mm	7.81	2.24	36.010	80.66	1.62	20.570	46.08	5.71	1.400	3.14	1.90
< 0.063	mm	8.82	2.53	33.660	85.16	1.71	20.570	52.04	6.45	1.530	3.87	2.35
< 0.5mm		100.00	28.68	43.600*	1250.46	25.12	13.733*	393.87	48.83	1.664*	47.71	28.96
feed/alimentation		100.00		49.781*	4978.12	100.00	8.066*	806.58	100.00	1.648*	164.75	100.00
				48.840			8.130			1.680		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: ( 11

Probe, sample, echantillon 2  
Zerkleinerung, crushing, consassage  
Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

iron ore/mineral de fer  
Nigr.

#####											
		Fe			SiO2			P2O5			
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	%	%		%	%		%	%		%	
#####											
1. : ) 5 mm	2.07	41.130	85.14	2.06	16.930	35.05	1.93	1.890	3.91	2.03	
2. : 5 - 3 mm	2.99	41.470	124.00	3.00	16.970	50.74	2.79	1.690	5.05	2.62	
3. : 3 - 1 mm	42.75	48.840	2087.91	50.57	7.380	315.50	17.37	2.160	92.34	47.96	
4. : 1 - 0.5 mm	25.27	44.480	1124.01	27.23	18.190	459.66	25.30	2.060	52.06	27.04	
5. : 0.5- 0.3 mm	11.17	34.100	380.90	9.23	27.880	311.42	17.14	1.510	16.87	8.76	
6. : 0.3- 0.1 mm	11.02	22.200	244.64	5.93	41.130	453.25	24.95	1.730	19.06	9.90	
7. : 0.1- 0.063 mm	2.41	16.530	39.84	0.96	45.690	110.11	6.06	0.730	1.76	0.91	
8. : ( 0.063 mm	2.32	18.100	41.99	1.02	34.890	80.94	4.46	0.640	1.48	0.77	
#####											
feed/alimentation	100.00	41.284*	4128.42	100.00	18.167*	1816.67	100.00	1.925*	192.54	100.00	
		40.450			17.700			1.040			
#####											

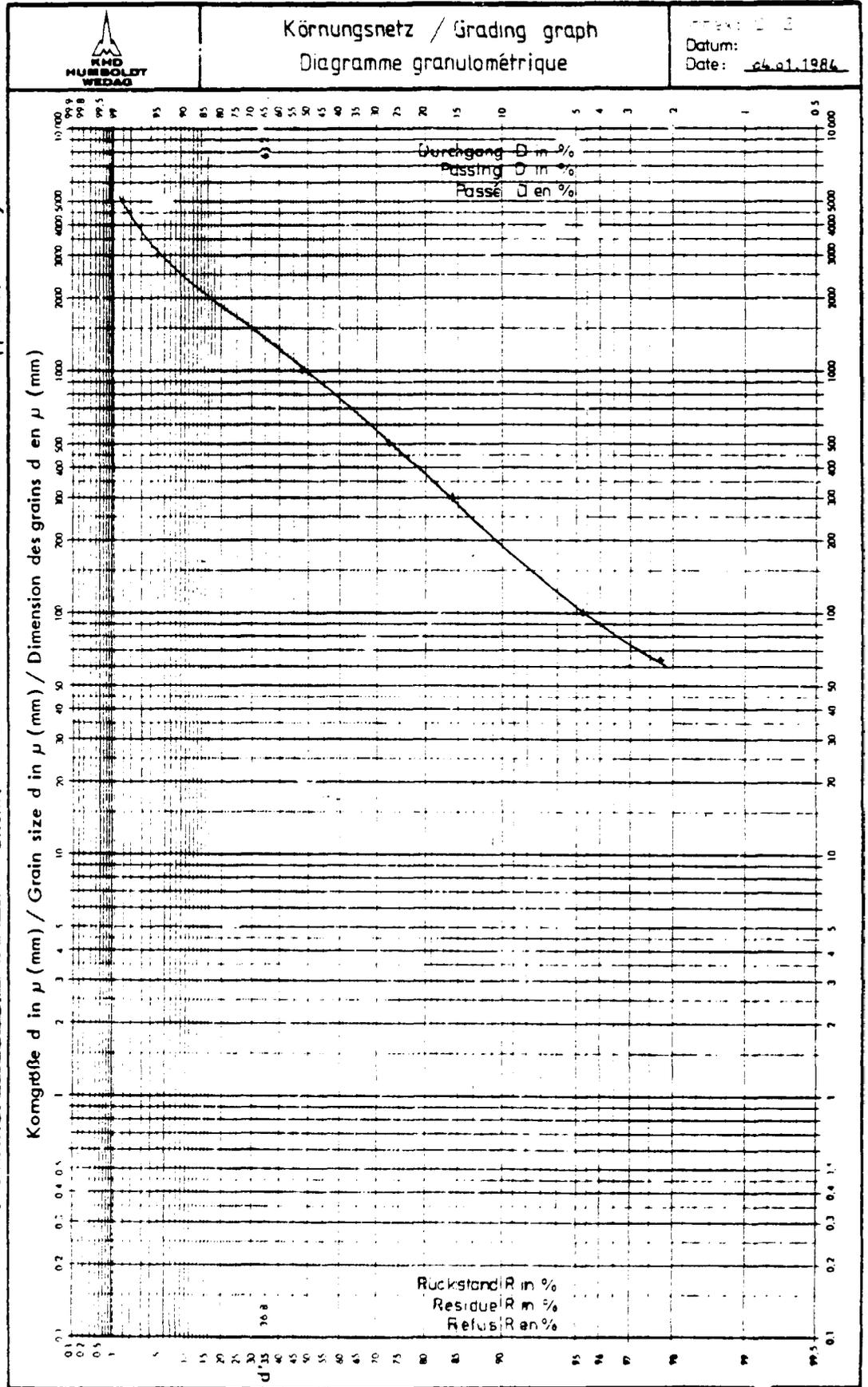
remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

Maschine: Hammermühle  
 Machine: hammer mill  
 Appareil: broyeur à marteaux

Stoff: Eisenerz  
 Material: iron ore  
 Produkt: mineral de fer

Firma: Probe 2  
 Customer:  
 Client:



FHD  
HUMHOLDT  
WEDAB

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 13

Probe, sample, echantillon 2  
Zerkleinerung, crushing, consassage  
Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

iron ore/minerai de fer  
Niger

product		mass		content		Fe		recov		content		SiO2		recov		content		P2O5		recov	
produit		masse		teneur		m%*c%		debit		teneur		m%*t%		%		teneur		m%*t%		debit	
		x V/0%		x		m%*t%		%		%		m%*t%		%		%		m%*t%		%	
> 5	mm	2.83	2.07	41.130	85.14	2.06	16.930	35.05	1.93	1.890	3.91	2.03									
5 - 3	mm	4.09	2.99	41.470	124.00	3.00	16.970	50.74	2.79	1.690	5.05	2.62									
3 - 1	mm	58.50	42.75	48.840	2087.91	50.57	7.380	315.50	17.37	2.160	92.34	47.96									
1 - 0.5	mm	34.58	25.27	44.480	1124.01	27.23	18.190	459.66	25.30	2.060	52.06	27.04									
> 0,5mm		100.00	73.08	46.812*	3421.05	82.87	11.781*	860.94	47.39	2.099*	153.36	79.65									
0.5- 0.3	mm	41.49	11.17	34.100	380.90	9.23	27.880	311.42	17.14	1.510	16.87	8.76									
0.3- 0.1	mm	40.94	11.02	22.200	244.64	5.93	41.130	453.25	24.95	1.730	19.06	9.90									
0.1- 0.063	mm	8.95	2.41	16.530	39.84	0.96	45.690	110.11	6.06	0.730	1.76	0.91									
< 0.063	mm	8.62	2.32	18.100	41.99	1.02	34.890	80.94	4.46	0.640	1.48	0.77									
< 0,5mm		100.00	26.92	26.277*	707.37	17.13	35.503*	955.73	52.61	1.455*	39.18	20.35									
feed/alimentation		100.00		41.284*	4128.42	100.00	18.167*	1816.67	100.00	1.925*	192.54	100.00									
				40.450			17.700			1.040											

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUNROLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 14

Probe, sample, echantillon 2  
Zerkleinerung, crushing, concassage

iron ore/minerai de fer  
Niger

Hammermuehle, hammer mill, broyeur a marteaux

product		Fe			SiO2			P2O5			
product	mass	content	recov	content	recov	content	recov	content	recov		
produit	masse	teneur	debit	teneur	debit	teneur	debit	teneur	debit		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
	V/0%	%	%	%	%	%	%	%	%		
> 5 mm	2.07	41.130	85.14	2.06	16.930	35.05	1.93	1.890	3.91	2.03	
5 - 3 mm	2.99	41.470	124.00	3.00	16.970	50.74	2.79	1.690	5.05	2.62	
3 - 1 mm	42.75	48.840	2087.91	50.57	7.380	315.50	17.37	2.160	92.34	47.96	
1 - 0.5 mm	25.27	44.480	1124.01	27.23	18.190	459.66	25.30	2.060	52.06	27.04	
0.5- 0.3 mm	50.34	11.17	34.100	380.90	9.23	27.880	311.42	17.14	1.510	16.87	8.76
0.3- 0.1 mm	49.66	11.02	22.200	244.64	5.93	41.130	453.25	24.95	1.730	19.06	9.90
0.5- 0.1mm	100.00	22.19	28.190*	625.54	15.15	34.460*	764.67	42.09	1.619*	35.93	18.66
0.1- 0.063 mm	50.95	2.41	16.530	39.84	0.96	45.690	110.11	6.06	0.730	1.76	0.91
( 0.063 mm	49.05	2.32	18.100	41.99	1.02	34.890	80.94	4.46	0.640	1.48	0.77
( 0.1mm	100.00	4.73	17.300*	81.83	1.98	40.393*	191.06	10.52	0.686*	3.24	1.68
feed/alimentation	100.00	41.284*	4128.42	100.00	18.167*	1816.67	100.00	1.925*	192.54	100.00	
		40.450			17.700			1.040			

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analyse, analyse granulometrique

annex/annexe: E 15

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 5min

		Fe				SiO2				P2O5			
product	mass	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov
produit	masse	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit
	%	%		%	%		%	%		%	%		%
1. : > 5 mm	1.32	50.880	67.17	1.34	8.800	11.62	1.54	0.820	1.08	0.58			
2. : 5 - 3 mm	3.28	51.220	168.02	3.36	9.420	30.90	4.09	1.510	4.95	2.64			
3. : 3 - 1 mm	25.63	53.610	1374.16	27.46	3.860	98.94	13.08	1.950	49.98	26.63			
4. : 1 - 0.5 mm	28.21	53.840	1518.98	30.35	3.610	101.85	13.47	2.140	60.38	32.17			
5. : 0.5- 0.1 mm	35.0	47.410	1660.94	33.19	10.600	371.36	49.11	1.780	62.36	33.23			
6. : ( 0.1 mm	6.52	33.010	215.25	4.30	21.710	141.56	18.72	1.370	8.93	4.76			
feed/alimentation	100.00	50.045*	5004.51	100.00	7.562*	756.23	100.00	1.877*	187.69	100.00			
		0.000			0.000			0.000					

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analyse, analyse granulometrique

annex/annexe: C 16

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 5min

product		mass		Fe			SiO2			P2O5		
produit		masse		content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov
		%		teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit
		V/0%		%	%	%	%	%	%	%	%	%
> 5	mm	2.26	1.32	50.880	67.17	1.34	8.800	11.62	1.54	0.820	1.08	0.58
5 - 3	mm	5.61	3.28	51.220	168.02	3.36	9.420	30.90	4.09	1.510	4.95	2.64
> 3mm		7.87	4.60	51.122*	235.19	4.70	9.242*	42.52	5.62	1.312*	6.04	3.22
3 - 1	mm	43.86	25.63	53.610	1374.16	27.46	3.860	98.94	13.08	1.950	49.98	26.63
1 - 0.5	mm	48.27	28.21	53.840	1518.98	30.35	3.610	101.85	13.47	2.140	60.38	32.17
3 - 0.5mm		92.13	53.85	53.730*	2893.14	57.81	3.729*	200.79	26.55	2.050*	110.36	58.80
> 0.5mm		100.00	58.45	53.525*	3128.33	62.51	4.163*	243.31	32.17	1.991*	116.39	62.02
0.5 - 0.1	mm	84.31	35.03	47.410	1660.94	33.19	10.600	371.36	49.11	1.780	62.36	33.23
( 0.1	mm	15.69	6.52	33.010	215.25	4.30	21.710	141.56	18.72	1.370	8.93	4.76
( 0.1mm		100.00	41.55	45.150*	1876.19	37.49	12.343*	512.92	67.83	1.716*	71.29	37.98
feed/alimentation		100.00		50.045*	5004.51	100.00	7.562*	756.23	100.00	1.877*	187.69	100.00
				0.000			0.000			0.000		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 17

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/minerai de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 7min

#####											
	Fe			SiO2			P2O5				
product	mass	content	m%c%	recov	content	m%c%	recov	content	m%c%	recov	
produit	masse	teneur	m%t%	debit	teneur	m%t%	debit	teneur	m%t%	debit	
	%	%		%	%		%	%		%	
1. : ) 5 mm	1.32	50.880	67.16	1.34	8.800	11.62	1.48	0.820	1.08	0.58	
2. : 5 - 3 mm	3.28	51.220	168.00	3.36	9.420	30.90	3.95	1.510	4.95	2.65	
3. : 3 - 1 mm	25.81	53.670	1385.22	27.69	4.260	109.95	14.05	1.990	51.36	27.46	
4. : 1 - 0.5 mm	27.73	54.090	1499.92	29.98	3.750	103.99	13.29	2.110	58.51	31.28	
5. : 0.5 - 0.1 mm	34.86	47.340	1650.27	32.99	10.740	374.40	47.86	1.770	61.70	32.99	
6. : ( 0.1 mm	7.00	33.120	231.84	4.63	21.640	151.48	19.36	1.350	9.45	5.05	
@ feed/alimentation	100.00	50.024*	5002.41	100.00	7.823*	782.33	100.00	1.871*	187.06	100.00	
		0.000			0.000			0.000			

remarks/remarks:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMROLDT  
WEDAS

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 18

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 7min

product		mass		Fe			SiO2			P2O5		
produit		masse		content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov
		V/0%		teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit
		%		%	%	%	%	%	%	%	%	%
> 5 mm		2.27	1.32	50.880	67.16	1.34	8.800	11.62	1.48	0.820	1.08	0.58
5 - 3 mm		5.64	3.28	51.220	168.00	3.36	9.420	30.90	3.95	1.510	4.95	2.65
> 3mm		7.91	4.60	51.122*	235.16	4.70	9.242*	42.51	5.43	1.312*	6.04	3.23
3 - 1 mm		44.39	25.81	53.670	1385.22	27.69	4.260	109.95	14.05	1.990	51.36	27.46
1 - 0.5 mm		47.70	27.73	54.090	1499.92	29.98	3.750	103.99	13.29	2.110	58.51	31.28
3 - 0.5mm		92.09	53.54	53.888*	2885.14	57.67	3.996*	213.94	27.35	2.052*	109.87	58.74
> 0.5mm		100.00	58.14	53.669*	3120.30	62.38	4.411*	256.45	32.78	1.994*	115.91	61.96
0.5- 0.1 mm		83.28	34.86	47.340	1650.27	32.99	10.740	374.40	47.86	1.770	61.70	32.99
( 0.1 mm		16.72	7.00	33.120	231.84	4.63	21.640	151.48	19.36	1.350	9.45	5.05
( 0.5mm		100.00	41.86	44.962*	1882.11	37.62	12.563*	525.88	67.22	1.700*	71.15	38.04
feed/alimentation		100.00		50.024*	5002.41	100.00	7.823*	782.33	100.00	1.871*	187.06	100.00
				0.000			0.000			0.000		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: I: 19

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 10min

#####												
#####												
			Fe			SiO2			P2O5			
product	mass	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov	content	m*c%	recov		
produit	masse	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit	teneur	m*t%	debit		
	%	%		%	%		%	%		%		
#####												
1. : ) 5 mm	1.32	50.880	67.16	1.35	8.800	11.62	1.49	0.820	1.08	0.58		
2. : 5 - 3 mm	3.28	51.220	168.00	3.37	9.420	30.90	3.97	1.510	4.95	2.65		
3. : 3 - 1 mm	24.06	53.440	1285.77	25.77	4.190	100.81	12.94	1.990	47.88	25.57		
4. : 1 - 0.5 mm	28.12	54.160	1522.98	30.52	3.630	102.08	13.10	2.100	59.05	31.54		
5. : 0.5- 0.1 mm	35.71	47.430	1693.72	33.94	10.490	374.60	48.07	1.790	63.92	34.14		
6. : < 0.1 mm	7.51	33.570	252.11	5.05	21.200	159.21	20.43	1.380	10.36	5.53		
#####												
feed/alimentation	100.00	49.897*	4989.74	100.00	7.792*	779.21	100.00	1.873*	187.25	100.00		
		0.000			0.000			0.000				
#####												

remarks/remarks:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse, screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 20

Probe, sample, echantillon 1

iron ore/minerai de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 10min

*****												
product produit	mass		Fe			SiO2		P2O5			recov	
	V/Ox	%	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%		recov
	x	%	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	%
*****												
> 5 mm	2.32	1.32	50.880	67.16	1.35	8.800	11.62	1.49	0.820	1.08	0.58	
5 - 3 mm	5.78	3.28	51.220	168.00	3.37	9.420	30.90	3.97	1.510	4.95	2.65	
-----												
> 3mm	8.10	4.60	51.122*	235.16	4.71	9.242*	42.51	5.46	1.312*	6.04	3.22	
-----												
3 - 1 mm	42.37	24.06	53.440	1285.77	25.77	4.190	100.81	12.94	1.990	47.88	25.57	
1 - 0.5 mm	49.52	28.12	54.160	1522.98	30.52	3.630	102.08	13.10	2.100	59.05	31.54	
-----												
3 - 0.5mm	91.90	52.18	53.828*	2808.75	56.29	3.888*	202.89	26.04	2.049*	106.93	57.11	
*****												
> 0.5mm	100.00	56.78	53.609*	3043.91	61.00	4.322*	245.40	31.49	1.990*	112.97	60.33	
*****												
0.5- 0.1 mm	82.62	35.71	47.430	1693.72	33.94	10.490	374.60	48.07	1.790	63.92	34.14	
( 0.1 mm	17.38	7.51	33.570	252.11	5.05	21.200	159.21	20.43	1.380	10.36	5.53	
*****												
( 0.5mm	100.00	43.22	45.022*	1945.84	39.00	12.351*	533.81	68.51	1.719*	74.28	39.67	
*****												
feed/alimentation		100.00	49.897*	4989.74	100.00	7.792*	779.21	100.00	1.873*	187.25	100.00	
			0.000			0.000			0.000			

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analyse , analyse granulometrique

annex/annexe: 0, 21

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/minerai de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 7min

product produit	Fe				SiO2				P2O5			
	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov		
	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
1.: > 5.0 mm	2.07	41.130	85.14	1.98	16.930	35.05	2.32	1.890	3.91	1.87		
2.: 5.0- 3.0 mm	2.99	41.470	124.00	2.89	16.970	50.74	3.36	1.690	5.05	2.41		
3.: 3.0- 1.0 mm	38.60	51.710	1996.01	46.47	4.520	174.47	11.56	2.380	91.87	43.82		
4.: 1.0- 0.5 mm	21.92	49.900	1093.81	25.47	7.800	170.98	11.33	2.310	50.64	24.15		
5.: 0.5- 0.1 mm	27.99	31.270	875.25	20.38	31.330	876.93	58.09	1.690	47.30	22.56		
6.: ( 0.1 mm	6.43	18.840	121.14	2.82	31.330	201.45	13.34	1.690	10.87	5.18		
feed/alimentation	100.00	42.953*	4295.33	100.00	15.096*	1509.61	100.00	2.096*	209.64	100.00		
		0.000			0.000			0.000				

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analyse , analyse granulometrique

annex/annexe: 0 22

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 7min

product produit	mass		Fe			SiO2		P2O5			
	U/0%	V/0%	content teneur	m%*c% m%*t%	recov debit	content teneur	m%*c% m%*t%	recov debit	content teneur	m%*c% m%*t%	recov debit
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
> 5.0 mm	3.16	2.07	41.130	85.14	1.98	16.930	35.05	2.32	1.890	3.91	1.87
5.0- 3.0 mm	4.56	2.99	41.470	124.00	2.89	16.970	50.74	3.36	1.690	5.05	2.41
> 3.0mm	7.72	5.06	41.331*	209.13	4.87	16.954*	85.79	5.68	1.772*	8.97	4.28
3.0- 1.0 mm	58.86	38.60	51.710	1996.01	46.47	4.520	174.47	11.56	2.380	91.87	43.82
1.0- 0.5 mm	33.42	21.92	49.900	1093.81	25.47	7.800	170.98	11.33	2.310	50.64	24.15
3.0-0.5mm	92.28	60.52	51.054*	3089.81	71.93	5.708*	345.45	22.88	2.355*	142.50	67.98
> 0.5 mm	100.00	65.58	50.304*	3298.95	76.80	6.576*	431.23	28.57	2.310*	151.47	72.25
0.5- 0.1 mm	61.32	27.99	31.270	875.25	20.38	31.330	876.93	58.09	1.690	47.30	22.56
( 0.1 mm	18.68	6.43	18.840	121.14	2.82	31.330	201.45	13.34	1.690	10.87	5.18
( 0.5 mm	100.00	34.42	28.948*	996.39	23.20	31.330*	1078.38	71.43	1.690*	58.17	27.75
feed/alimentation	100.00		42.953*	4295.33	100.00	15.096*	1509.61	100.00	2.096*	209.64	100.00
			0.000			0.000			0.000		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analysis , analyse granulometrique

annex/annexe: 0 23

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/mine ai de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 10min

#####											
		Fe				SiO2				P2O5	
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	%	%		%	%		%	%		%	
#####											
1. : ) 5.0 mm	2.07	41.130	85.14	2.02	16.930	35.05	.10	1.890	3.91	1.89	
2. : 5.0- 3.0 mm	2.99	41.470	124.00	2.94	16.970	50.74	3.04	1.890	5.65	2.73	
3. : 3.0- 1.0 mm	34.34	51.990	1785.34	42.33	4.620	159.65	9.49	2.500	85.85	41.54	
4. : 1.0- 0.5 mm	22.65	49.540	1122.08	26.61	8.550	193.66	11.59	2.360	53.45	25.87	
5. : 0.5- 0.1 mm	29.75	31.480	936.53	22.21	31.420	934.74	55.92	1.700	50.57	24.47	
6. : ( 0.1 mm	8.20	20.030	164.25	3.89	36.420	298.64	17.87	0.880	7.22	3.49	
#####											
feed/alimentation	100.00	42.173*	4217.33	100.00	16.715*	1671.48	100.00	2.067*	206.66	100.00	
		0.000			0.000			0.000			

remarks/ remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analysis , analyse granulometrique

annex/annexe: C 24

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 10min

product produit	mass		content		recov debit	SiO2		recov %	P2O5		recov debit
	%	V/0%	%	m%*c%		m%*t%	m%*c%		m%*t%	%	
> 5.0 mm	3.34	2.07	41.130	85.14	2.02	16.930	35.05	2.10	1.890	3.91	1.89
5.0- 3.0 mm	4.82	2.99	41.470	124.00	2.94	16.970	50.74	3.04	1.890	5.65	2.73
> 3.0mm	8.15	5.06	41.331*	209.13	4.96	16.954*	85.79	5.13	1.890*	9.56	4.63
3.0- 1.0 mm	55.34	34.34	51.990	1785.34	42.33	4.620	158.65	9.49	2.500	85.85	41.54
1.0- 0.5 mm	36.50	22.65	49.540	1122.08	26.61	8.550	193.66	11.59	2.360	53.45	25.87
3.0-0.5mm	91.85	56.99	51.016*	2907.42	68.94	6.182*	352.31	21.08	2.444*	139.30	67.41
> 0.5 mm	100.00	62.05	50.226*	3116.55	73.90	7.060*	438.09	26.21	2.399*	148.87	72.04
0.5- 0.1 mm	78.39	29.75	31.480	936.53	22.21	31.420	934.74	55.92	1.700	50.57	24.47
< 0.1 mm	21.61	8.20	20.030	164.25	3.89	36.420	298.64	17.87	0.880	7.22	3.49
< 0.5 mm	100.00	37.95	29.006*	1100.78	26.10	32.500*	1233.39	73.79	1.523*	57.79	27.96
feed/alimentation		100.00	42.173*	4217.33	100.00	16.715*	1671.48	100.00	2.067*	206.66	100.00
			0.000			0.000			0.000		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analysis , analyse granulometrique

annex/annexe: ( 2 )

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/mineral de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 13min

#####											
	Fe			SiO2			P2O5				
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
#####											
1. : > 5.0 mm	2.07	41.130	85.14	2.03	16.930	35.05	2.05	1.890	3.91	1.32	
2. : 5.0- 3.0 mm	2.99	41.470	124.00	2.96	16.970	50.74	2.98	1.690	5.05	2.48	
3. : 3.0- 1.0 mm	35.03	52.110	1825.41	43.53	4.410	154.48	9.06	2.520	88.28	43.29	
4. : 1.0- 0.5 mm	21.76	49.280	1072.33	25.57	9.100	198.02	11.61	2.310	50.27	24.65	
5. : 0.5- 0.1 mm	28.93	30.940	895.09	21.34	32.410	937.62	54.98	1.670	48.31	23.69	
6. : ( 0.1 mm	9.22	20.820	191.96	4.58	35.740	329.52	19.32	0.880	8.11	3.98	
#####											
feed/alimentation	100.00	41.939*	4193.93	100.00	17.054*	1705.43	100.00	2.039*	203.93	100.00	
		0.000			0.000			0.000			
#####											

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

Siebanalyse , screen analysis , analyse granulometrique

annex/annexe: C 26

Probe, sample, echantillon 2

iron ore/minerai de fer  
Niger

Attrition, attrition, attrition 13min

product produit	mass		Fe			SiO2		P2O5			
	V/O%	%	teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit	teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit	teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit
> 5.0 mm	3.35	2.07	41.130	85.14	2.03	16.930	35.05	2.05	1.890	3.91	1.92
5.0- 3.0 mm	4.83	2.99	41.470	124.00	2.96	16.970	50.74	2.98	1.690	5.05	2.48
> 3.0mm	8.18	5.06	41.331*	209.13	4.99	16.954*	85.79	5.03	1.772*	8.97	4.40
3.0- 1.0 mm	56.64	35.03	52.110	1825.41	43.53	4.410	154.48	9.06	2.520	88.28	43.29
1.0- 0.5 mm	35.18	21.76	49.280	1072.33	25.57	9.100	198.02	11.61	2.310	50.27	24.65
3.0-0.5mm	91.82	56.79	51.026*	2897.75	69.09	6.207*	352.50	20.67	2.440*	138.54	67.93
> 0.5 mm	100.00	61.85	50.232*	3106.88	74.08	7.086*	438.28	25.70	2.385*	147.51	72.33
0.5- 0.1 mm	75.83	28.93	30.940	895.09	21.34	32.410	937.62	54.98	1.670	48.31	23.69
< 0.1 mm	24.17	9.22	20.820	191.96	4.58	35.740	329.52	19.32	0.880	8.11	3.98
< 0.5 mm	100.00	38.15	28.494*	1087.05	25.92	33.215*	1267.14	74.30	1.479*	56.43	27.67
feed/alimentation	100.00		41.939*	4193.93	100.00	17.054*	1705.43	100.00	2.039*	203.93	100.00
			0.000			0.000			0.000		

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

sink-float-analysis, procede par liqueur denses

annex/annexe I C 27

sample, echantillon 1  
hammer mill, broyeur a marteaux  
discharge, decharge 3.0 - 0.3 mm

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####												
product produit	mass masse	content teneur	Fe			SiO2			P2O5			
			m%*c%	recov	debit	content teneur	m%*c%	recov	debit	content teneur	m%*c%	recov
	%	%	m%*t%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
#####												
1. : ) 3.45 g/cm3	73.85	52.460	3874.17	77.53	2.500	184.63	34.33	1.960	144.75	79.40		
2. : 3.45- 3.00 g/cm3	22.52	47.980	1080.51	21.62	5.880	132.42	24.62	1.600	36.03	19.76		
3. : 3.00- 2.84 g/cm3	0.70	25.320	17.72	0.35	39.780	27.85	5.18	0.800	0.56	0.31		
4. : 2.84- 2.70 g/cm3	1.20	9.270	11.12	0.22	70.630	84.76	15.76	0.320	0.38	0.21		
5. : ( 2.70 g/cm3	1.73	7.600	13.15	0.26	62.500	108.13	20.11	0.340	0.59	0.32		
#####												
feed/alimentation	100.00	49.967*	4996.67	100.00	5.378*	537.77	100.00	1.823*	182.31	100.00		
		0.000			0.000			0.000				

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

sink-float analysis, procede par liqueur denses

annex/annexe: ( ) 28

sample, echantillon 2  
hammer mill, broyeur a marteaux  
discharge, decharge 3.0 - 0.5 mm

iron ore/mineral, de fer  
Niger

#####													
product	mass	content	Fe			content	SiO2			content	P2O5		
produit	masse	teneur	m%*c%	recov	debit	teneur	m%*c%	recov	debit	teneur	m%*c%	recov	
	%	%	m%*t%	%	%	%	m%*t%	%	%	%	m%*t%	%	
#####													
1. :	) 3.45 g/cm <sup>3</sup>	70.28	51.690	3632.77	80.03	2.870	201.70	17.70	2.420	170.08	81.35		
2. :	3.45- 3.00 g/cm <sup>3</sup>	18.56	44.270	821.65	18.10	10.700	198.59	17.43	1.870	34.71	16.60		
3. :	3.00- 2.84 g/cm <sup>3</sup>	1.34	21.260	28.49	0.63	39.430	52.84	4.64	1.550	2.08	0.99		
4. :	2.84- 2.70 g/cm <sup>3</sup>	2.59	8.530	22.09	0.49	66.310	171.74	15.07	0.320	0.83	0.40		
5. :	( 2.70 g/cm <sup>3</sup>	7.23	4.710	34.05	0.75	71.190	514.70	45.17	0.190	1.37	0.66		
#####													
feed/alimentation	100.00	45.391*	4539.06	100.00	11.396*	1139.58	100.00	2.091*	209.06	100.00			
		0.000				0.000			0.000				
#####													

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 29

sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 1,5 Tesla

iron ore/mineral: de fer  
Niger

#####												
	Fe											
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov		
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
#####												
1.: mags.	37.73	53.370	2013.65	50.11								
2.: middl.	33.56	41.990	1409.18	35.07								
3.: non-mags.	28.71	20.740	595.45	14.82								
#####												
feed/alimentation	100.00	40.183*	4018.28	100.00								
		41.590										
#####												

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 30

sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 1,2 Tesla

iron ore/minerai de fer  
Niger

```
#####
```

product produit	mass masse %	Fe			content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
		content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %									
1. : mags.	41.70	53.370	2225.53	56.06									
2. : middl.	28.96	42.290	1224.72	30.85									
3. : non-mags.	29.34	17.720	519.90	13.10									
feed/alimentation	100.00	39.702*	3970.15	100.00									
		41.590											

```
#####
```

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAB

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 31

sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 0,8 Tesla

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####													
product	mass	Fe			content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. : mags.	42.05	53.720	2258.93	55.90									
2. : middl.	31.91	40.080	1278.95	31.65									
3. : non-mags.	26.04	19.330	503.35	12.46									
feed/alimentation	100.00	40.412*	4041.23	100.00									
		41.590											

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 32

sample, echantillon 2  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 1,5 Tesla

iron ore/minerais de fer  
Niger

product produit	mass masse %	content teneur %	Fe				content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
			m%*c%		m%*t%							
			m%*c%	m%*t%	m%*c%	m%*t%						
1. : mags.	18.08	48.840	883.03	42.80								
2. : middl.	14.37	20.840	299.47	14.51								
3. : non-mags.	67.55	13.040	880.85	42.69								
feed/alimentation	100.00	20.633*	2063.35	100.00								
		22.810										

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: [ ] 33

sample, echantillon 2  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 1,2 Tesla

iron ore/minerais de fer  
Niger

product produit	mass masse %	content teneur %	Fe			content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
			content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %						
1. : mags	23.97	42.190	1011.29	47.95							
2. : middl.	16.52	31.620	522.36	24.77							
3. : non-mags.	59.51	9.670	575.46	27.28							
feed/alimentation	100.00	21.091*	2109.12	100.00							
		22.810									

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe:[] 34

sample, echantillon 2  
feed, alimentation (0,5mm / 800g/l  
~ 0,8 Tesla

iron ore/mineral de fer  
Niger

product produit	Fe									
	mass masse %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
1. : mags.	25.62	45.110	1155.72	56.55						
2. : middl.	20.25	17.870	361.87	17.71						
3. : non-mags.	54.13	9.720	526.14	25.74						
feed/alimentation	100.00	20.437*	2043.73	100.00						
		22.810								

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMPHREYS  
WEDAG

screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: ( 35

sample, echantillon 1

iron ore/minerai de fer  
Niger

raw material ground, matiere premiere broye ( 0.1mm

*****											
Fe											
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
*****											
1. + ) 0.090 mm	15.46	52.780	815.98	16.48							
2. + 0.090- 0.071 mm	13.26	52.980	702.51	14.19							
3. + 0.071- 0.063 mm	6.43	52.880	340.02	6.87							
4. + 0.063- 0.045 mm	11.04	52.880	583.80	11.79							
5. + 0.045- 0.032 mm	9.00	52.880	475.92	9.61							
6. + 0.032- 0.020 mm	11.74	52.070	611.30	12.35							
7. + ( 0.020 mm	33.07	42.950	1420.36	28.69							
*****											
feed/alimentation	100.00	49.499*	4949.88	100.00							
		0.000									
*****											

remarks/remarks:  
\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMMOLDT  
WEDAG

screen analysis, analyse granulometrique

annex/annexe: C 36

sample, echantillon 2

iron ore/minerai de fer  
Niger

raw material ground, matiere premiere broye ( 0.1mm

#####											
product	mass	content	Fe	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
#####											
1. : ) 0.090 mm	18.67	48.220	900.27	20.56							
2. : 0.090- 0.071 mm	13.57	47.300	641.86	14.66							
3. : 0.071- 0.063 mm	5.75	46.900	269.67	6.16							
4. : 0.063- 0.045 mm	10.85	47.100	511.03	11.67							
5. : 0.045- 0.032 mm	7.85	47.300	371.30	8.48							
6. : 0.032- 0.020 mm	10.75	47.100	506.32	11.56							
7. : ( 0.020 mm	32.56	36.210	1179.00	26.92							
#####											
feed/alimentation	100.00	43.795*	4379.46	100.00							
		0.000									
#####											

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

RHD  
HIMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 37

sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0,1mm / 600g/l  
~ 1,5 Tesla

iron ore/minerai de fer  
Niger

product produit	mass masse %	content teneur %	Fe			content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
			m%*c%	m%*t%	recov						
1. : mags.	64.17	53.690	3445.29	70.01							
2. : middl.	9.80	44.880	439.82	8.94							
3. : non-mags.	26.03	39.810	1036.25	21.06							
feed/alimentation	100.00	49.214*	4921.36	100.00							
		50.040									

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique  
sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
~1.2 Tesla

annex/annexe: C 3B  
iron ore/minerai de fer  
Niger

product produit	mass masse %	content teneur %	Fe		content teneur %	recov debit %	content teneur %	recov debit %	content teneur %	recov debit %
			m%*c% m%*t%	recov debit						
1. : mags.	61.47	54.200	3331.67	57.20						
2. : middl.	12.84	46.190	593.08	11.96						
3. : non-mags.	25.69	40.220	1033.25	20.84						
feed/alimentation	100.00	49.580*	4958.00	100.00						
		50.040								

remarks/remarques:  
\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 39

sample, echantillon 1  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
~ 1.0 Tesla

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####											
product	mass	content	Fe		content	Fe		content	Fe		recov
produit	masse	teneur	m%*c%	recov	teneur	m%*c%	recov	teneur	m%*t%	debit	teneur
	%	%	m%*t%	%	%	m%*t%	%	%	m%*t%	%	%
1. : mags.-	54.03	53.890	2911.68	59.15							
2. : middl.	14.03	47.410	665.16	13.51							
3. : non-mags.	31.94	42.140	1345.95	27.34							
feed/alimentation	100.00	49.228*	4922.79	100.00							
		50.040									

#####  
remarks/remarques:  
\* = calculated values / valeurs calculees

:

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separatin magnetique

annex/annexe: C 40

sample, echantillon 142 (1:2)  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
1.5 Tesla

iron ore/minerai, de fer  
Niger

```
#####
```

product produit	mass masse %	Fe			content teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit %
		content teneur %	m%*c% m%*t%	recov debit %									
1. : mags.	59.39	52.370	3110.25	68.55									
2. : middl.	12.41	40.420	501.61	11.06									
3. : non-mags	28.20	32.820	925.52	20.40									
feed/alimentation	100.00	45.374*	4537.39	100.00									
		0.000											

```
#####
```

remarks/remarques:  
\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique  
sample, echantillon 1+2 (1:2)  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
1.2 Tesla

annex/annexe: [ 4 ]

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####												
			Fe									
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
#####												
1. : mags..	58.15	51.760	3009.84	66.69								
2. : middl.	11.99	41.130	493.15	10.93								
3. : non-mags	29.86	33.830	1010.16	22.38								
#####												
feed/alimentation	100.00	45.132*	4513.16	100.00								
		0.000										
#####												

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMROLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 42

sample, echantillon 1+2 (1:2)  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
~ 1.0 Tesla

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####												
product produit	mass masse	content teneur	Fe			content teneur	m%*c% m%*t%	recov debit	content teneur	m%*c% m%*t%	recov debit	content teneur
			m%*c%	m%*t%	recov							
			%	%	%							
1. : mags.	55.65	52.170	2903.26	64.08								
2. : middl.	12.79	41.230	527.33	11.64								
3. : non-mags.	31.56	34.850	1099.87	24.28								
feed/alimentation	100.00	45.305*	4530.46	100.00								
		0.000										

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: 0 43

sample, echantillon | deslimed, deschlamme  
feed, alimentation (0.1mm / 600g/l  
~ 1.5 Tesla

iron ore/mineral de fer  
Niger

#####											
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	
	x	x		%	x		%	x		%	
1. : mags.	50.58	54.700	2766.73	52.34							
2. : middl.	25.87	52.680	1362.83	25.78							
3. : non-mags.	23.55	49.130	1157.01	21.89							
feed/alimentation	100.00	52.866*	5286.57	100.00							
		52.680									

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique  
sample, echantillon 1 deslimed, deschlammé  
feed alimentation (0.1mm / 500g/l  
~ 1.2 Tesla

annex/annexe: ( )

iron ore/minerai de fer  
Niger

#####												
	Fe											
product	mass	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%	recov	content	m%*c%
produit	masse	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%	debit	teneur	m%*t%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
#####												
1. : mags.	65.68	54.500	3579.56	68.05								
2. : middl.	19.22	52.270	1004.63	19.10								
3. : non-mags.	15.10	44.770	676.03	12.85								
#####												
feed/alimentation	100.00	52.602*	5260.22	100.00								
		52.680										
#####												

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HUMROLDT  
WEDAG

magnetic separation, sparation magnetique  
sample, echantillon 1+2 (1:2) deslimed, deschlamme  
feed, alimentaion ( 0.1mm / 600g/l  
~ 1.5 Tesla

annex/annexe: C 45  
iron ore/minerai de fer  
Niger

```
#####
```

product produit	mass masse %	Fe			content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %	content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %
		content teneur %	m%*c% m%*t% %	recov debit %									
1. : mags.	59.45	52.680	3131.83	63.53									
2. : middl.	25.10	46.800	1174.68	23.83									
3. : non-mags.	15.45	40.320	622.94	12.64									
feed/alimentation	100.00	49.294*	4929.45	100.00									
		48.520											

```
#####
```

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

KHD  
HIMBOLDT  
WEDAG

magnetic separation, separation magnetique

annex/annexe: C 46

sample, echantillon 1+2 (1:2) deslimed, deschlammé  
feed, alimentation ( 0.1mm / 600g/l  
~ 1.2 Tesla

iron ore/mineral de fer  
Niger

#####											
product	mass	content	Fe		content	Fe		content	Fe		recov
produit	masse	teneur	m%*c%	recov	teneur	m%*c%	recov	teneur	m%*t%	debit	%
	%	%	m%*t%	%	%	m%*t%	%	%	m%*t%	%	%
#####											
1. : mags.	58.85	53.180	3129.64	63.74							
2. : middl.	20.63	47.610	982.19	20.00							
3. : non-mags.	20.52	38.900	798.23	16.26							
feed/alimentation	100.00	49.101*	4910.06	100.00							
		48.520									

remarks/remarques:

\* = calculated values / valeurs calculees

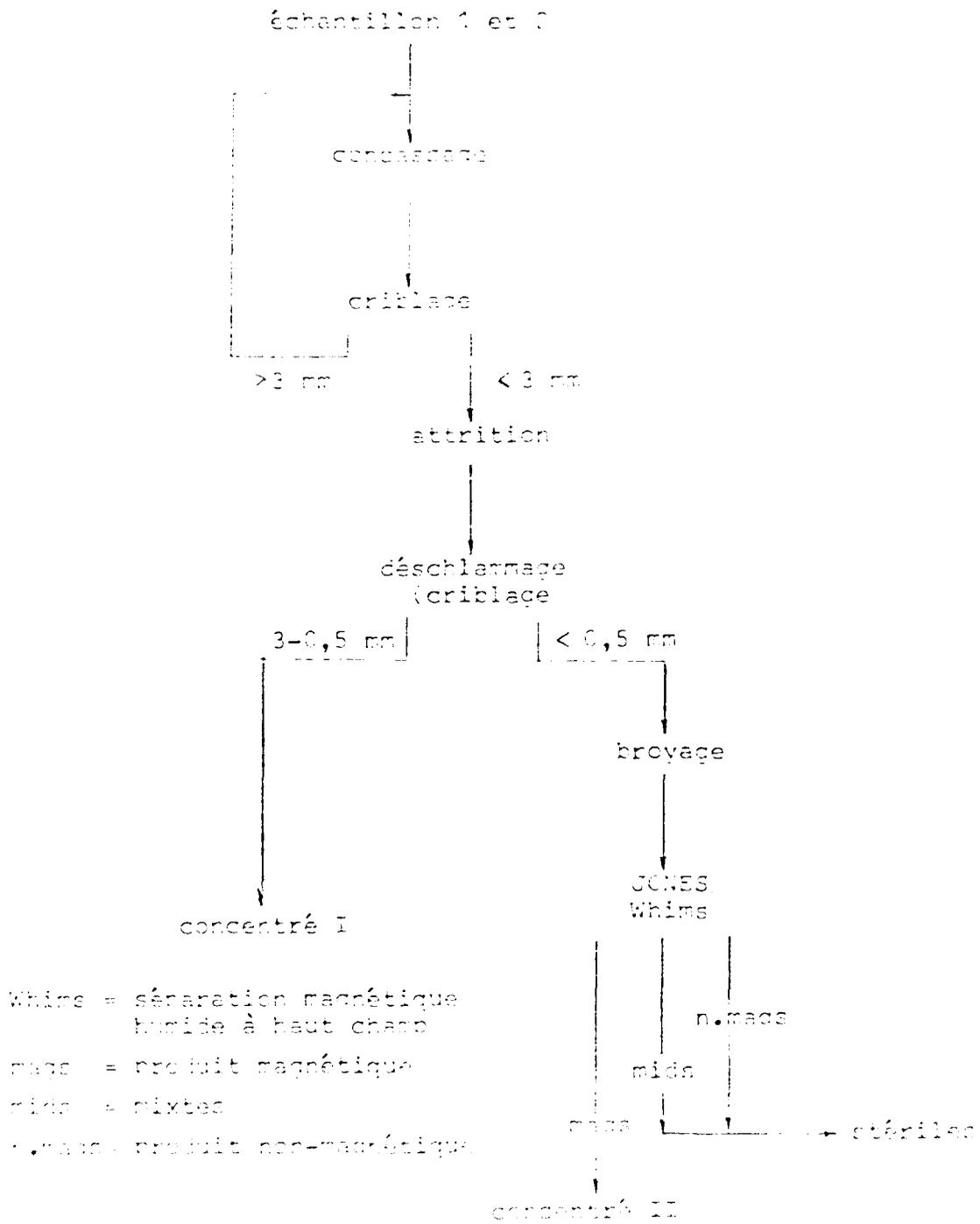


Figure 1. II: séparation des échantillons 1 et 2: séparation des minéraux de fer par Whims et séparation des minéraux non-magnétiques par Whims et séparation des minéraux magnétiques par Whims.



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Annexes B 1.1 à B 1.10

Tableaux des sondages et tranchées avec coordonnées,  
altitudes, profondeurs et nombre d'échantillons

Numéro de tranchée	Coordonnées		Altitude du point de tranchée au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusque (m)
	X	Y			
PDK 1	429460	1558924	190,57	7,50	0,0
PDK 2	429352	1559770	191,43	6,80	0,0
PDK 3	429409	1560236	191,18	7,60	0,0
PDK 4	429613	1561642	201,37	15,90	8,65
PDK 5	429410	1562740	199,08	14,40	8,25
PDK 6	429264	1563596	189,20	7,50	0,50
PDK 7	428841	1564500	188,77	5,00	0,75
PDK 8	428400	1565365	186,91	5,50	0,0
PDK 9	427950	1566365	186,31	6,30	0,0
PDK 10	427510	1567181	187,74	8,00	0,6
PDK 11	429525	1557868	193,24	12,50	1,70
PDK 12	429316	1556828	192,20	9,00	0,0
PDK 13	429365	1555850	192,17	8,00	0,0
PDK 14	429553	1554851	201,08	17,50	8,90
PDK 15	427668	1566770	186,46	12,25	5,90
PDK 16	428209	1565825	187,13	6,50	0,0
PDK 17	428579	1564940	186,70	6,25	0,0
PDK 18	429091	1564080	187,92	8,20	2,15
PDK 19	429308	1563315	192,56	7,30	1,40
PDK 20	429522	1562225	194,99	10,85	3,00

Profondeur de la couche des oolites indurées jusque (m)	Profondeur de la couche d'intercalation jusque (m)	Profondeur de la couche des oolites tendres jusque (m)	Profondeur des roches du socle jusque (m)	Nombre d'échantillons
3,0	n.d.	6,85	7,50	7
2,0	3,0	6,00	6,80	6
2,60	3,40	6,00	7,60	7
10,20	n.d.	14,60	15,90	7
11,65	12,65	14,00	14,40	7
4,60	6,00	7,15	7,50	9
4,80	5,00	---	---	5
2,50	4,60	5,20	5,50	2
2,00	3,70	5,50	6,00	6
2,90	4,70	6,60	8,00	10
4,60	n.d.	9,55	12,50	8
3,60	n.d.	7,60	9,00	10
2,00	n.d.	7,00	8,00	8
10,80	11,25	16,25	17,50	7
8,35	10,00	11,70	12,25	7
2,70	4,70	5,85	6,50	4
3,70	5,85	6,25	---	8
6,00	8,20	---	---	5
4,50	6,00	6,90	7,30	5
6,00	6,35	10,15	10,85	8

Annexe B 1.1

Nom de la tranche	Coordonnées X	Coordonnées Y	Altitude du point au-dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche récemment recouverte jusqu'à (m)	Profondeur de la couche des ornières industrielles jusqu'à (m)	Profondeur de la couche d'intercalaire (m) jusqu'à	Profondeur de la couche des ornières industrielles jusqu'à (m)	Profondeur des ornières jusqu'à (m)	Profondeur du socle jusqu'à (m)	Nombre d'échantillons
PIK 21	429625	1461305	190,66	9,50	0,0	2,50	3,00	9,00	9,00	9,50	8
PIK 22	429503	1460580	192,01	8,45	0,0	3,15	3,60	7,60	7,60	8,25	6
PIK 23	429407	1459406	192,20	9,30	0,0	2,30	3,25	7,80	7,80	9,30	9
PIK 24	429366	1458340	191,32	8,00	0,0	2,15	2,60	7,40	7,40	8,00	7
PIK 25	429628	1457665	191,71	8,10	0,0	1,65	2,60	6,60	6,60	8,10	7
PIK 26	429348	1456318	191,18	7,25	0,0	2,35	2,55	6,80	6,80	7,25	9
PIK 27	429617	1455279	192,10	6,75	0,0	1,80	2,20	6,15	6,15	6,75	7
PIK 28	429652	1457680	192,75	9,25	0,0	2,60	3,20	8,10	8,10	9,25	8
PIK 29	428320	1457170	191,55	8,25	0,0	2,80	3,50	8,25	8,25	---	6
PIK 30	427920	1457715	196,67	7,00	0,0	2,60	2,75	7,00	7,00	---	9
PIK 31	426854	1457756	196,19	7,25	0,0	3,00	3,30	7,25	7,25	---	7
PIK 32	429676	1453750	191,76	6,00	0,0	1,60	1,90	6,50	6,50	6,00	5
PIK 33	429701	1452669	192,86	6,70	0,0	1,45	n.d.	6,10	6,10	6,70	4
PIK 34	429619	1451595	192,55	6,20	0,0	1,70	n.d.	6,10	6,10	6,20	3
PIK 35	429605	1450995	193,23	5,50	0,0	2,15	n.d.	6,20	6,20	5,50	4
PIK 36	429174	1450012	193,74	6,60	0,0	1,00	2,20	6,00	6,00	6,60	3
PIK 37	428925	1471160	186,13	11,50	6,40	8,00	9,80	10,60	11,50	11,50	5
PIK 38	427368	1467722	187,66	7,20	0,0	1,60	2,80	5,00	5,00	7,20	5
PIK 39	427201	1468110	190,67	5,50	0,0	1,15	2,00	5,00	5,00	5,50	4
PIK 40	427059	1468660	188,06	5,50	2,00	n.d.	n.d.	5,80	5,80	5,50	2

Référence tranchée	Coordonnées		Altitude du point de franchise N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvre- ment jusqu'à (m)	Profondeur de la couche des collithes inclinées jusqu'à (m)	Profondeur de la couche d'intercala- tion jusqu'à (m)	Profondeur de la couche des collithes verticales jusqu'à (m)	Profondeur des tranches du socle jusqu'à (m)	Nombre d'échan- tillons
PK 41	429665	1454206	192,48	7,00	0,0	2,00	n.d.	5,00	7,00	6
PK 42	429669	1453270	192,66	5,80	0,0	2,00	n.d.	4,90	5,80	5
PK 43	429636	1452160	192,04	5,20	0,0	1,05	n.d.	4,60	5,20	4
PK 44	424015	1471880	189,02	4,30	0,0	2,30	n.d.	3,20	4,30	4
PK 45	426890	1469085	190,49	7,00	0,0	2,60	3,00	6,55	7,00	6
PK 46	426670	1469605	188,88	7,50	0,0	3,05	3,90	6,65	7,50	6
PK 47	426623	1469960	188,96	8,50	0,0	2,95	3,10	8,00	8,50	6
PK 48	425952	1470265	184,86	7,00	0,0	3,05	3,25	6,00	7,00	6
PK 49	425650	1470528	185,76	7,90	0,40	4,55	n.d.	7,50	7,90	8
PK 50	423159	1472382	189,67	3,65	1,15	2,95	3,20	n.d.	3,65	4
PK 51	422263	1472691	188,19	3,00	0,0	0,60	n.d.	n.d.	3,00	1

Numéro de sondage	Coordonnées		Altitude du point de sondage au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusque (m)
	X	Y			
DK 1	428135	1458635	212,86	27,70	18,75
DK 2	428026	1459815	211,90	28,55	17,17
DK 3	427963	1460882	211,85	28,00	20,70
DK 4	427756	1461899	213,09	28,40	19,50
DK 5	427536	1461886	215,23	28,70	22,50
DK 6	427328	1463910	212,88	25,50	20,95
DK 7	427271	1464852	212,39	26,10	19,40
DK 8	426798	1465689	214,26	28,80	21,90
DK 9	426159	1466505	211,83	26,20	18,85
DK 10	425553	1467307	214,16	28,60	20,70
DK 11	424882	1468110	219,44	25,25	17,45
DK 12	428052	1458057	209,54	25,30	17,50
DK 13	427831	1456701	215,20	29,80	20,85
DK 14	427685	1455733	214,50	28,50	21,32
DK 15	42600	1468708	205,41	18,30	9,80
DK 16	423371	1468198	230,57	37,55	30,45
DK 17	425020	1466950	230,05	40,00	30,90
DK 18	425827	1465560	224,49	31,50	25,30
DK 19	425582	1465508	214,25	26,20	18,20
DK 20	425860	1453022	214,44	28,40	19,65

Profondeur de la couche des oolithes indurées jusque (m)	Profondeur de la couche d'intercalation jusque (m)	Profondeur de la couche des oolithes tendres jusque (m)	Profondeur des roches du socle jusque (m)	Récupération des carottes de la couche de minéral de fer (%)	Nombre d'échantillons
25,17	n.d.	25,79	27,70	83,26	7
21,95	23,15	26,75	28,55	97,68	8
25,40	n.d.	27,40	28,00	77,61	5
22,60	n.d.	28,00	28,40	86,65	8
25,90	26,56	28,40	28,70	85,27	5
22,25	23,45	25,00	25,50	92,00	3
21,85	24,15	25,65	25,10	91,72	5
24,30	26,75	28,30	28,80	73,37	6
21,32	23,30	25,45	26,20	71,82	4
23,61	25,66	27,96	28,60	76,25	5
19,25	22,15	24,75	25,25	95,52	6
22,70	n.d.	23,30	25,30	75,95	4
23,80	n.d.	28,85	29,80	95,55	9
25,65	n.d.	28,30	28,50	89,58	5
12,40	13,75	16,05	18,30	83,20	6
33,95	35,75	36,85	37,55	73,96	5
33,50	35,90	39,55	40,00	95,37	5
27,10	30,30	32,90	33,50	96,05	5
19,80	22,52	25,40	26,20	75,72	2
21,80	22,75	27,20	28,40	86,52	7

Annexe B 1.4

Numéro de sondage	Coordonnées		Altitude du point de sondage au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusque (m)	Profondeur de la couche des oolites indurées jusque (m)
	X	Y				
DK 21	426130	1461542	212,21	25,30	17,51	19,80
DK 22	426165	1460058	212,72	26,65	17,90	21,85
DK 23	426592	1458572	213,17	28,40	19,20	22,85
DK 24	426612	1456957	216,67	30,25	22,10	24,25
DK 25	426619	1455306	212,08	26,45	19,40	21,70
DK 26	422684	1469438	229,70	39,05	33,55	37,20
DK 27	421377	1470521	230,42	42,50	36,10	36,70
DK 28	424032	1469381	219,17	31,00	22,31	27,10
DK 29	423013	1470527	226,79	40,40	34,05	34,55
DK 30	427706	1454682	213,47	28,12	19,80	20,80
DK 31	427714	1453655	213,94	28,18	24,35	n.d.
DK 32	426638	1453841	211,61	24,37	18,40	19,90
DK 33	424992	1458370	209,37	21,95	16,35	16,60
DK 34	424930	1459660	216,75	29,10	21,16	23,60
DK 35	424738	1461129	216,61	30,75	23,10	25,20
DK 36	424728	1452808	218,31	27,95	21,95	24,35
DK 37	424824	1464447	219,58	32,60	24,75	27,95
DK 38	426147	1468041	210,24	22,55	15,10	18,50
DK 39	426661	1467249	213,30	25,30	18,00	19,30
DK 40	427122	1468380	214,91	27,70	20,40	22,20

Profondeur de la couche d'intercalation jusque (m)	Profondeur de la couche des conglomères jusque (m)	Profondeur des roches du socle jusque (m)	Récupération des carottes de la couche de minéral de fer (Z)	Nombre d'échantillons
21,00	24,40	25,30	78,95	4
n.d.	25,35	26,65	53,15	3
24,20	27,40	28,40	64,88	5
n.d.	29,55	30,25	58,50	1
n.d.	24,65	26,45	59,00	5
n.d.	37,95	39,05	87,50	4
n.d.	n.d.	42,50	83,50	1
29,25	30,20	31,00	62,36	3
35,35	n.d.	40,40	95,00	---
24,30	25,80	28,12	57,50	---
n.d.	27,40	28,18	29,50	---
21,30	23,60	24,37	53,10	5
n.d.	21,55	21,95	85,12	3
n.d.	28,75	29,10	81,66	5
25,80	30,45	30,75	95,51	1
25,55	27,60	27,95	52,00	4
29,15	32,40	32,60	94,25	1
18,90	21,65	22,55	76,50	6
22,05	24,25	25,30	92,30	1
24,30	21,65	27,70	74,01	5

Annexe B 1.5

Numero de sondage	Coordonnées X	Coordonnées Y	Altitude du point de sondage au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusqu'au (m)	Profondeur de la couche des cochlites brunes jusqu'au (m)	Profondeur de la couche d'intercalation jusqu'au (m)	Profondeur de la couche des cochlites brunes jusqu'au (m)	Profondeur des roches du socle jusqu'au (m)	Récupération des carottes de la couche de minerai de fer (%)	Nombre d'échantillons
DK 41	427552	1465523	213,80	29,25	22,60	25,25	27,05	28,65	29,25	86,65	5
DK 42	427951	1464650	213,49	29,45	22,30	25,20	26,90	28,95	29,65	77,16	3
DK 43	428329	1463635	211,76	28,95	20,75	23,55	23,95	26,50	28,95	91,65	5
DK 44	428662	1462598	213,01	29,95	20,90	23,05	23,35	27,60	29,95	83,63	5
DK 45	428542	1461277	208,75	25,55	17,60	20,00	20,60	25,05	25,55	81,70	7
DK 46	428531	146079	211,00	27,20	17,15	20,60	21,60	26,70	27,20	69,76	5
DK 47	428353	1459360	211,86	27,50	17,95	19,60	20,20	26,80	27,50	87,91	7
DK 48	428177	1458188	207,51	23,50	15,75	17,35	17,95	21,95	23,50	66,12	4
DK 49	428651	1456067	210,38	25,90	18,65	20,85	21,20	25,55	25,90	96,38	5
DK 50	428590	1455260	213,15	28,20	20,65	22,90	23,20	26,80	28,20	51,30	6
DK 51	428629	1454169	212,37	25,60	20,50	21,60	21,95	26,80	25,60	87,67	5
DK 52	427356	1453846	216,79	29,08	22,90	26,15	n.d.	26,80	29,08	57,70	2
DK 53	427234	1456357	215,74	27,90	20,10	22,85	23,15	26,90	27,90	79,21	5
DK 54	427281	1459294	213,31	28,35	19,20	21,65	22,55	27,10	28,35	92,48	5
DK 55	427213	1460804	212,12	27,70	19,90	22,25	23,65	27,70	27,70	90,00	6
DK 56	428866	1462426	215,73	30,90	23,30	25,70	26,90	28,65	30,90	52,80	6
DK 57	428568	1463701	216,60	27,70	20,30	22,55	25,60	27,30	27,70	93,00	7
DK 58	428261	1464949	213,28	27,70	19,60	22,85	26,35	26,50	27,70	89,57	8
DK 59	428104	1466319	222,57	32,30	23,20	25,60	28,20	31,55	32,30	81,32	7
DK 60	425403	1467900	222,67	36,85	27,50	31,90	37,75	35,25	36,85	96,57	7

Numero de sondage	Coordonnees X	Coordonnees Y	Altitude du point de sondage au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche reconnue (m) jusqu'au premier	Profondeur de la couche des oolites indurées jusqu'au	Profondeur de la couche des oolites tendres jusqu'au	Profondeur des roches du socle jusqu'au	Récupération des carottes de la couche de minerai de fer (%)	Nombre d'échantillons
DK 61	422996	1669137	227,60	36,25	15,05	39,60	41,15	n.d.	n.d.	5
DK 62	422956	1670216	228,76	36,35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5
DK 63	425247	1669043	210,57	8,95	12,15	13,60	16,85	56,90	56,90	5
DK 64	424391	1670236	217,80	13,15	16,60	15,20	19,80	52,60	52,60	5
DK 65	426231	1656219	213,85	18,90	22,05	22,20	26,80	83,37	83,37	6
DK 66	426000	1657760	209,28	13,65	15,55	n.d.	20,60	89,60	89,60	6
DK 67	425782	1659229	212,79	18,25	20,90	21,65	26,80	55,9	55,9	5
DK 68	425587	1660632	213,23	17,90	20,30	20,80	25,90	88,66	88,66	5
DK 69	425275	1662028	213,65	17,75	19,95	20,60	26,20	85,69	85,69	6
DK 70	425073	1663436	216,28	17,60	18,90	21,90	25,25	86,59	86,59	7

Numéro de tranchée	Coordonnées X	Coordonnées Y	Altitude du point de tranchée au dessus de N (m)	Profondeur au voisinage (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusqu'à (m)	Profondeur de la couche des caillottes indurées jusqu'à (m)	Profondeur de la couche d'intercalation (m)	Profondeur de la couche des caillottes tendres jusqu'à (m)	Profondeur des roches du socle jusqu'à (m)	Nombre d'échantillons
PK 1	425201	1474419	188,04	6,10	0,0	5,50	n.d.	n.d.	6,10	3
PK 2	426040	1474737	185,80	4,00	0,0	1,85	2,50	3,60	4,00	4
PK 3	426719	1474210	187,84	6,30	0,0	2,90	3,40	4,80	6,30	3
PK 4	427410	1472893	186,52	4,65	0,0	1,10	n.d.	4,40	4,65	3
PK 5	428521	1472380	186,77	6,50	0,0	2,60	n.d.	6,00	6,50	4



Profondeur de la cote de receve-ment (jusque (m))	Profondeur de l'affleure-ment (m)	Coordonnées		Profondeur de sondage
		Altitude du point Y	N	
3,65	10,30	186,00	189,56	K 1
3,00	7,80	189,56	189,56	K 2
4,50	8,50	196,16	196,16	K 3
3,95	7,75	193,55	193,55	K 4
4,05	9,20	195,17	195,17	K 5
3,65	10,56	196,16	196,16	K 6
4,10	8,20	194,25	194,25	K 7
1,80	10,00	189,97	189,97	K 8
2,20	8,00	188,50	188,50	K 9
2,60	10,60	187,86	187,86	K 10
2,70	10,95	188,93	188,93	K 11
4,58	11,25	195,50	195,50	K 12
9,70	15,65	199,11	199,11	K 13
2,70	10,65	186,98	186,98	K 14
1,90	11,20	188,03	188,03	K 15
3,65	11,55	189,93	189,93	K 16
2,60	11,20	187,90	187,90	K 17
5,50	27,90	190,10	190,10	K 18
5,55	12,10	189,79	189,79	K 19

Numéro de sondage	Coordonnées		Altitude du point de sondage au dessus de N (m)	Profondeur atteinte (m)	Profondeur de la couche de recouvrement jusque (m)	Profondeur de la couche des caillottes indurées jusque (m)
	X	Y				
K 20	431275	1473879	199,52	22,25	15,35	15,85
K 21	431275	1472879	193,80	16,85	10,35	11,05
K 22	431275	1471879	190,77	11,80	6,10	7,60
K 23	426769	1473879	193,43	12,60	8,55	8,80
K 24	426769	1474910	193,17	9,40	9,00	n.d.
K 25	426769	1475905	197,39	8,50	3,75	7,00
K 26	426769	1476915	192,98	6,92	2,35	4,37
K 27	429770	1474975	196,88	19,20	13,70	15,00
K 28	440525	1475600	191,70	9,95	4,05	4,65

Profondeur de la couche d'intercalation jusqu'à (m)	Profondeur de la couche des volutes tendres jusqu'à (m)	Profondeur des roches du socle jusqu'à (m)	Récupération des carottes de la couche de minerai de fer (Z)	Nombre d'échantillons
18,25	21,30	22,25	87,53	3
13,15	15,65	16,85	76,60	5
8,50	10,00	11,80	85,13	3
9,00	10,80	12,60	71,11	2
n.d.	n.d.	9,40	---	---
n.d.	n.d.	8,50	53,85	2
n.d.	n.d.	6,92	77,23	1
16,20	18,30	19,20	69,80	4
6,40	8,55	9,95	84,08	1

Annexe 3 1.10

Tableaux avec résultats des analyses

No. de Sondage/ Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - A (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot %
PK 1	11	0,0 - 1,0	1,0	51,67
PK 1	12	1,0 - 2,0	1,0	52,42
PK 1	13	2,0 - 3,0	1,0	50,02
PK 1	14	3,0 - 4,0	1,0	46,56
PK 1	15	4,0 - 5,0	1,0	44,31
PK 1	16	5,0 - 6,0	1,0	42,97
PK 1	17	6,0 - 6,85	0,85	34,28
PK 2	18	0,0 - 1,0	1,0	50,57
PK 2	19	1,0 - 2,0	1,0	51,67
PK 2	20	2,0 - 3,0	1,0	40,13
PK 2	21	3,0 - 4,0	1,0	46,31
PK 2	22	4,0 - 5,0	1,0	45,69
PK 2	23	5,0 - 6,0	1,0	39,72
PK 3	24	0,0 - 1,0	1,0	47,64
PK 3	25	1,0 - 2,0	1,0	51,96
PK 3	26	2,0 - 2,40	0,40	52,24
PK 3	27	2,40 - 3,40	1,0	38,40
PK 3	28	3,40 - 4,40	1,0	48,32
PK 3	29	4,40 - 5,40	1,0	44,76
PK 3	30	5,40 - 6,0	0,6	42,18

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO & MgO	MnO	P.D.F.	Exp. d'hy dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
73,89	1,75	5,36	4,76	0,21	0,14	0,60	1,66	10,90
74,65	1,97	5,06	4,58	0,20	0,12	0,68	1,55	12,15
71,53	2,20	7,08	5,70	0,23	0,10	0,29	1,96	11,27
66,50	2,05	10,37	7,18	0,38	0,16	0,51	1,63	11,40
63,35	1,76	10,66	9,01	0,38	0,16	0,47	1,68	11,65
61,45	1,89	14,96	8,39	0,34	0,20	0,57	1,32	11,13
48,99	1,38	10,06	8,55	0,36	0,10	0,29	1,06	9,45
72,32	1,85	5,85	4,80	0,20	0,12	0,41	2,35	11,07
73,89	1,83	5,66	4,84	0,16	0,08	0,41	2,27	11,04
57,38	1,12	23,33	6,73	0,25	0,11	0,76	2,11	8,23
66,23	1,82	10,71	8,04	0,31	0,22	0,68	2,76	10,19
65,05	1,87	11,04	8,78	0,28	0,20	0,58	2,66	10,70
56,79	1,43	21,86	8,91	0,30	0,26	0,68	3,51	8,03
68,11	1,61	11,29	4,53	0,33	0,15	0,83	3,10	9,52
74,29	2,22	5,65	3,73	0,25	0,18	0,49	2,88	10,76
74,67	2,36	5,16	4,15	0,21	0,17	0,31	2,55	11,08
54,90	1,36	26,75	7,30	0,56	0,13	0,38	3,37	7,56
69,09	2,00	8,70	5,80	0,54	0,15	0,78	3,05	9,71
64,00	2,04	11,46	7,63	0,47	0,21	0,76	3,88	9,21
60,31	1,85	18,20	6,39	0,42	0,13	0,75	3,29	8,68

Annexe 3 2.1



PK	PK	PK	PK	PK	PK
PK 6 61	PK 6 60	PK 6 59	PK 6 58	PK 6 57	PK 6 56
6,80 - 7,15	6,20 - 6,80	6,00 - 6,60	5,60 - 6,00	4,60 - 5,60	3,50 - 4,60
0,35	0,6	0,6	0,6	1,0	1,10
39,85	33,67	41,37	37,26	42,33	41,37
56,99	48,15	59,15	53,26	60,53	59,15
PK 6 55	PK 6 56	PK 6 53	PK 6 52	PK 5 51	PK 5 50
2,50 - 3,50	1,50 - 2,50	0,50 - 1,50	13,65 - 14,00	12,65 - 13,65	11,65 - 12,65
1,0	1,0	1,0	0,35	1,0	1,0
46,53	45,63	48,51	40,16	43,18	37,13
65,26	69,17	68,51	57,39	61,70	53,10
PK 5 49	PK 5 48	PK 5 47	PK 5 46	PK 5 45	PK 5 44
8,75 - 9,75	10,25 - 11,25	9,25 - 10,25	8,25 - 9,25	11,25 - 11,65	10,25 - 11,25
1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0
48,04	47,03	51,21	47,58	47,31	47,31
67,90	67,20	73,96	68,04	67,60	67,60
PK 4 43	PK 4 42	PK 4 41	PK 4 40	PK 4 39	PK 4 38
12,20 - 13,20	11,20 - 12,20	10,20 - 11,20	9,75 - 10,20	16,20 - 16,60	14,20 - 14,20
1,0	1,0	1,0	0,65	1,0	1,0
48,66	43,85	29,61	47,68	33,38	43,57
69,29	62,70	42,36	67,90	67,73	62,31
PK 3 37	PK 3 36	PK 3 35	PK 3 34	PK 3 33	PK 3 32
16,60 - 17,60	15,60 - 16,60	14,60 - 15,60	13,60 - 14,60	12,60 - 13,60	11,60 - 12,60
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
33,38	33,38	33,38	33,38	33,38	33,38
47,73	47,73	47,73	47,73	47,73	47,73

No. de  
 Seção/  
 Etapa  
 (m)  
 1.º Etapa -  
 2.º Etapa -  
 3.º Etapa -  
 4.º Etapa -  
 5.º Etapa -  
 6.º Etapa -  
 7.º Etapa -  
 8.º Etapa -  
 9.º Etapa -  
 10.º Etapa -  
 11.º Etapa -  
 12.º Etapa -  
 13.º Etapa -  
 14.º Etapa -  
 15.º Etapa -  
 16.º Etapa -  
 17.º Etapa -  
 18.º Etapa -  
 19.º Etapa -  
 20.º Etapa -  
 21.º Etapa -  
 22.º Etapa -  
 23.º Etapa -  
 24.º Etapa -  
 25.º Etapa -  
 26.º Etapa -  
 27.º Etapa -  
 28.º Etapa -  
 29.º Etapa -  
 30.º Etapa -  
 31.º Etapa -  
 32.º Etapa -  
 33.º Etapa -  
 34.º Etapa -  
 35.º Etapa -  
 36.º Etapa -  
 37.º Etapa -  
 38.º Etapa -  
 39.º Etapa -  
 40.º Etapa -  
 41.º Etapa -  
 42.º Etapa -  
 43.º Etapa -  
 44.º Etapa -  
 45.º Etapa -  
 46.º Etapa -  
 47.º Etapa -  
 48.º Etapa -  
 49.º Etapa -  
 50.º Etapa -  
 51.º Etapa -  
 52.º Etapa -  
 53.º Etapa -  
 54.º Etapa -  
 55.º Etapa -  
 56.º Etapa -  
 57.º Etapa -  
 58.º Etapa -  
 59.º Etapa -  
 60.º Etapa -  
 61.º Etapa -  
 62.º Etapa -  
 63.º Etapa -  
 64.º Etapa -  
 65.º Etapa -  
 66.º Etapa -  
 67.º Etapa -  
 68.º Etapa -  
 69.º Etapa -  
 70.º Etapa -  
 71.º Etapa -  
 72.º Etapa -  
 73.º Etapa -  
 74.º Etapa -  
 75.º Etapa -  
 76.º Etapa -  
 77.º Etapa -  
 78.º Etapa -  
 79.º Etapa -  
 80.º Etapa -  
 81.º Etapa -  
 82.º Etapa -  
 83.º Etapa -  
 84.º Etapa -  
 85.º Etapa -  
 86.º Etapa -  
 87.º Etapa -  
 88.º Etapa -  
 89.º Etapa -  
 90.º Etapa -  
 91.º Etapa -  
 92.º Etapa -  
 93.º Etapa -  
 94.º Etapa -  
 95.º Etapa -  
 96.º Etapa -  
 97.º Etapa -  
 98.º Etapa -  
 99.º Etapa -  
 100.º Etapa -

No. de Soudage/ Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-to. %
PDK 7	62	---	0,70	60,39
PDK 7	63	0,75 - 1,75	1,0	68,92
PDK 7	64	1,75 - 2,75	1,0	66,65
PDK 7	65	2,75 - 3,75	1,0	39,17
PDK 7	66	3,75 - 4,80	1,05	35,32
PDK 8	101	0,0 - 1,0	1,0	52,52
PDK 8	102	1,0 - 2,50	1,50	69,58
PDK 9	83	0 - 1,0	1,0	65,86
PDK 9	84	1,0 - 2,0	1,0	68,10
PDK 9	85	2,0 - 2,9	0,9	34,36
PDK 9	86	2,9 - 3,70	0,8	17,32
PDK 9	87	3,70 - 4,70	1,0	61,50
PDK 9	88	4,70 - 5,50	0,8	36,56
PDK 10	75	0 - 1,0	1,0	51,61
PDK 10	76	1,0 - 2,0	1,0	66,09
PDK 10	77	2,0 - 2,20	0,2	63,66
PDK 10	78	2,20 - 2,40	0,2	68,59
PDK 10	79	2,40 - 2,90	0,5	66,34
PDK 10	80	2,90 - 3,90	1,0	29,39
PDK 10	81	3,90 - 4,20	0,3	14,52
PDK 10	82	4,20 - 4,70	0,5	19,27
PDK 10	99	4,70 - 5,70	1,0	63,57
PDK 10	100	5,70 - 6,60	0,9	36,76

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P.D.F.	Eau d'hy- drat at Ion (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
57,76	0,57	27,65	3,65	0,11	0,04	0,28	1,66	8,10
69,96	1,36	7,98	7,20	0,22	0,32	0,60	2,31	11,12
66,42	1,44	10,16	7,88	0,27	0,12	0,46	2,50	10,92
56,01	1,23	18,62	11,60	0,35	0,16	0,38	2,12	10,77
50,51	1,15	26,69	10,61	0,48	0,14	0,37	2,00	9,27
75,10	1,23	5,32	4,44	0,21	0,12	0,49	2,28	10,93
70,90	1,63	7,61	5,03	0,28	0,10	0,33	2,32	11,09
67,01	1,19	13,00	6,12	0,22	0,12	0,24	3,38	9,05
68,78	1,36	11,89	5,43	0,20	0,10	0,24	3,15	9,46
49,13	1,09	35,97	5,52	0,30	0,08	0,20	2,43	6,45
24,76	0,51	56,74	10,92	0,82	0,12	0,12	2,40	5,55
59,35	1,61	17,76	9,20	0,43	0,16	0,36	3,44	8,91
52,27	1,44	27,30	8,00	0,32	0,14	0,27	4,28	6,52
73,80	0,84	7,20	4,43	0,21	0,11	0,51	2,40	10,45
65,90	0,88	13,12	6,94	0,23	0,19	0,31	2,29	10,10
62,12	1,26	18,34	5,03	0,20	0,21	0,44	1,98	9,55
69,49	1,73	10,07	4,88	0,19	0,17	0,34	2,50	10,23
63,40	1,47	16,62	5,45	0,23	0,17	0,28	2,44	9,39
42,02	0,59	40,47	6,98	0,37	0,19	0,21	2,02	6,26
20,76	0,47	57,55	12,21	0,81	0,30	0,17	3,78	4,26
27,56	0,66	50,26	10,21	1,49	0,32	0,16	3,69	4,27
62,30	1,98	15,64	6,80	0,36	0,17	0,40	2,22	10,00
52,53	1,61	29,16	4,78	0,33	0,19	0,33	2,62	7,77

Annexe B 2.3

No. de Soudage/ Tranche	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %
PDK 11	67	1,70 - 2,70	1,0	50,81
PDK 11	68	2,70 - 3,60	0,9	52,16
PDK 11	69	3,60 - 4,60	1,0	47,79
PDK 11	70	4,60 - 5,60	1,0	46,97
PDK 11	71	5,60 - 6,60	1,0	45,87
PDK 11	72	6,60 - 7,60	1,0	39,55
PDK 11	73	7,60 - 8,60	1,0	30,35
PDK 11	74	8,60 - 9,55	0,95	25,54
PDK 12	89	0,0 - 1,0	1,0	68,24
PDK 12	90	1,0 - 1,30	0,3	52,77
PDK 12	91	1,30 - 1,70	0,4	48,92
PDK 12	92	1,70 - 2,70	1,0	43,98
PDK 12	93	2,70 - 3,60	0,9	39,03
PDK 12	94	3,60 - 4,60	1,0	42,19
PDK 12	95	4,60 - 5,60	1,0	41,09
PDK 12	96	5,60 - 6,30	0,7	39,30
PDK 12	97	6,30 - 7,30	1,0	32,43
PDK 12	98	7,30 - 7,60	0,3	25,56
PDK 13	237	0,0 - 0,3	0,3	52,45
PDK 13	238	0,3 - 1,0	0,7	50,49

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P.D.F.	Emulsi- on d'hy- drat at 100 (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
72,66	2,04	6,07	4,66	0,24	0,06	0,50	3,05	10,36
74,59	2,44	5,37	3,75	0,20	0,06	0,33	3,53	9,93
68,36	2,07	10,70	5,72	0,44	0,08	0,53	3,87	9,00
67,16	2,20	11,12	6,60	0,39	0,08	0,53	2,47	10,76
65,59	2,10	12,47	6,14	0,29	0,08	0,55	2,80	10,12
56,56	1,82	22,66	6,53	0,35	0,08	0,56	3,68	8,12
43,40	1,36	39,24	6,77	0,39	0,08	0,24	2,21	7,33
36,53	1,01	65,83	6,54	0,50	0,14	0,17	2,27	6,46
68,98	1,74	9,70	6,58	0,23	0,08	0,39	2,36	10,32
75,46	1,85	5,03	5,59	0,17	0,08	0,29	2,40	10,87
69,96	1,40	10,19	6,00	0,20	0,03	0,44	1,93	10,73
62,89	1,68	15,35	8,00	0,22	0,08	0,23	2,15	10,16
55,81	1,43	21,46	8,92	0,32	0,11	0,27	2,16	9,93
60,33	1,81	15,77	9,62	0,32	0,11	0,42	3,75	8,66
58,76	1,63	17,01	9,76	0,32	0,13	0,49	2,11	10,38
56,20	1,58	20,66	8,96	0,31	0,11	0,54	2,98	8,94
46,38	1,47	32,95	9,13	0,30	0,13	0,36	1,74	8,54
36,55	1,02	44,18	9,53	0,31	0,14	0,22	1,54	7,32
75,01	1,90	4,66	3,85	0,18	0,18	0,31	0,75	12,50
72,20	2,22	7,15	4,93	0,19	0,14	0,17	0,68	12,27

REPERES DES ANALYSES

No. de Travaux chose	No. d' échant. Cillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- seur d'échan- tillon (m)	Fe-Cot.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO (ppm)	MgO	P. O. F.		Eau d'hy- dratation (GRCF)	
											%	%	%	%
PK 13	239	1,0 - 2,0	1,0	42,22	1,85	16,93	6,59	0,31	0,26	0,52	0,68	11,60		
PK 13	260	2,0 - 3,0	1,0	55,58	1,86	13,86	5,63	0,36	0,15	0,31	0,98	11,15		
PK 13	261	3,0 - 6,0	1,0	53,62	1,85	13,36	7,83	0,38	0,16	0,38	0,98	11,78		
PK 13	262	6,0 - 5,0	1,0	60,53	1,71	19,68	7,70	0,33	0,16	0,35	0,77	10,99		
PK 13	263	5,0 - 6,0	1,0	33,66	1,66	31,82	7,01	0,36	0,15	0,35	0,63	9,55		
PK 13	264	6,0 - 7,0	1,0	26,32	1,02	63,76	8,06	0,38	0,19	0,17	0,68	8,09		
PK 14	103	0,90 - 1,90	1,0	53,63	1,89	6,36	6,01	0,25	0,08	0,39	2,66	10,37		
PK 14	104	1,90 - 2,80	0,9	50,06	1,97	8,08	5,67	0,32	0,08	0,29	1,98	11,08		
PK 14	105	2,80 - 3,25	0,45	61,81	1,62	18,21	8,58	0,60	0,10	0,25	2,93	9,01		
PK 14	106	3,25 - 6,25	1,0	66,28	2,01	12,65	8,58	0,66	0,10	0,36	3,91	9,02		
PK 14	107	6,25 - 5,25	1,0	63,70	2,00	12,86	9,27	0,32	0,16	0,55	3,15	9,83		
PK 14	108	5,25 - 6,25	1,0	35,21	1,51	25,90	9,83	0,52	0,26	0,33	2,22	9,07		
PK 14	109	6,25 - 7,35	1,10	28,33	1,16	49,26	8,86	0,68	0,16	0,20	3,36	5,91		
PK 15	110	5,90 - 7,0	1,10	66,86	1,18	12,92	6,16	0,25	0,13	0,17	0,73	11,57		
PK 15	111	7,0 - 7,25	0,25	66,86	1,38	16,60	6,95	0,21	0,12	0,17	0,96	11,06		
PK 15	112	7,25 - 8,35	1,10	66,70	1,65	13,16	5,52	0,18	0,10	0,16	0,82	11,19		
PK 15	113	8,35 - 9,30	0,95	31,67	0,81	49,50	6,03	0,38	0,13	0,12	0,52	8,09		
PK 15	114	9,30 - 10,0	0,70	49,21	0,62	56,25	7,68	1,18	0,17	0,05	0,66	6,32		
PK 15	115	10,0 - 11,0	1,00	61,66	1,29	12,95	7,80	0,46	0,16	0,21	1,00	10,96		
PK 15	116	11,00 - 11,70	0,70	36,33	1,60	28,59	6,67	0,39	0,11	0,19	0,66	9,67		

No. de Soudage/ Tranche	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %
PK 16	117	0,0 - 1,0	1,0	68,65
PK 16	118	1,0 - 2,0	1,0	51,53
PK 16	119	2,00 - 2,70	0,7	47,41
PK 16	120	4,70 - 5,85	1,15	51,91
PK 17	229	0,0 - 1,0	1,0	69,71
PK 17	230	1,0 - 2,0	1,0	69,29
PK 17	231	2,0 - 3,0	1,0	48,14
PK 17	232	3,0 - 3,70	0,70	44,40
PK 17	233	3,70 - 3,90	0,20	20,24
PK 17	234	3,90 - 4,50	0,60	48,54
PK 17	235	4,50 - 5,85	1,35	71,92
PK 17	236	5,85 - 6,25	0,40	44,54
PK 18	201	2,15 - 3,0	0,85	42,01
PK 18	202	3,0 - 4,0	1,0	49,10
PK 18	203	4,0 - 5,0	1,0	44,70
PK 18	204	5,0 - 6,0	1,0	44,56
PK 18	205	6,0 - 7,0	1,0	36,76
PK 19	251	1,40 - 2,40	1,0	50,65
PK 19	252	2,40 - 3,40	1,0	50,24

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P. D. F.	Eau d'hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
69,57	1,15	10,90	5,78	0,21	0,1	0,41	3,96	8,28
73,69	1,28	7,13	5,46	0,20	0,09	0,31	3,36	9,96
67,80	1,44	10,96	7,07	0,21	0,06	0,26	5,06	7,99
59,96	1,65	15,68	8,75	0,36	0,08	0,37	3,08	8,78
71,09	1,26	10,12	4,68	0,29	0,08	0,40	2,70	9,86
70,49	1,59	9,86	4,79	0,29	0,08	0,20	2,56	10,62
68,85	1,59	11,51	4,62	0,26	0,10	0,20	2,51	10,66
63,50	1,29	18,70	4,65	0,30	0,07	0,33	2,41	9,18
28,95	0,60	56,30	6,21	0,95	0,09	0,07	1,36	5,29
55,11	1,36	23,62	7,28	0,55	0,08	0,33	2,29	8,72
31,35	0,50	42,91	13,02	1,59	0,12	0,09	1,76	7,81
63,70	1,80	15,31	6,56	0,68	0,09	0,28	2,57	9,47
60,07	1,26	16,98	7,89	0,43	0,16	0,66	3,28	9,97
70,22	1,55	7,08	5,60	0,32	0,18	0,36	3,10	11,26
63,93	1,38	13,82	7,23	0,47	0,12	0,26	3,73	10,27
63,72	1,29	15,37	4,43	0,34	0,16	0,69	2,85	12,76
52,56	1,11	23,75	8,46	0,78	0,18	0,27	2,23	9,72
72,43	1,56	7,16	4,76	0,25	0,16	0,90	1,59	11,77
71,84	2,06	7,08	5,93	0,25	0,08	0,26	1,50	12,45

Annexe B 2.15

DES ANALYSIS

P205	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>2</sub>	CaO	MgO	P.D.F.	Factor of 100
%	%	%	%	%	%	Z	(5000)
1.62	11.53	6.09	0.31	0.10	0.56	1.66	12.09
1.81	17.93	6.21	0.58	0.15	0.36	1.77	10.05
1.75	12.20	5.86	0.28	0.11	0.69	1.60	12.00
1.86	9.91	6.75	0.26	0.06	0.69	2.33	10.86
1.93	7.66	5.31	0.15	0.06	0.67	2.29	11.20
1.51	20.27	5.75	0.23	0.06	0.32	2.18	9.68
1.36	21.90	9.32	0.52	0.06	0.27	2.08	9.76
1.87	11.55	7.05	0.19	0.12	0.38	2.09	10.39
2.06	10.09	6.50	0.66	0.10	0.61	2.03	10.68
1.76	13.06	8.72	0.66	0.12	0.57	2.17	10.50
1.75	15.66	7.63	0.37	0.08	0.36	2.16	10.75
1.86	6.80	3.75	0.10	0.07	0.80	2.35	11.10
2.06	11.52	6.11	0.13	0.08	0.33	2.32	10.51
1.51	18.72	7.25	0.59	0.09	0.61	2.11	9.86
2.01	9.66	6.58	0.32	0.09	0.36	2.23	10.69
2.30	9.31	6.57	0.67	0.10	0.52	1.93	10.93
2.17	10.32	7.25	0.35	0.16	0.69	2.13	10.91
1.81	18.97	7.87	0.56	0.16	0.56	2.31	9.76
1.62	27.30	7.00	0.53	0.16	0.60	2.13	8.72

Annex B 2.7

No. de Sondage/ Tran- che	No. d'Échantillon	Section de - a	Profondeur (m)	Épave- d'échantillon	Profondeur (m)
PKK 19	253	3,60 - 6,50	1,10	66,59	66,62
PKK 19	256	6,50 - 6,0	1,50	63,87	62,72
PKK 19	255	6,0 - 6,90	0,90	66,05	65,86
PKK 20	301	3,0 - 6,0	1,0	66,77	66,88
PKK 20	302	6,0 - 5,0	1,0	68,69	69,63
PKK 20	303	5,0 - 6,0	1,0	61,13	58,81
PKK 20	306	6,0 - 6,35	0,35	39,36	56,26
PKK 20	307	6,35 - 7,0	0,65	65,19	66,91
PKK 20	306	7,0 - 8,0	1,0	47,06	67,27
PKK 20	307	8,0 - 9,0	1,0	66,02	67,96
PKK 20	308	9,0 - 10,15	1,15	42,92	61,17
PKK 21	277	0,0 - 1,0	1,0	57,36	76,80
PKK 21	278	1,0 - 2,50	1,50	68,31	69,09
PKK 21	279	2,0 - 3,00	0,50	41,61	59,50
PKK 21	280	3,00 - 4,00	1,0	47,67	67,89
PKK 21	281	4,00 - 5,00	1,0	47,23	67,56
PKK 21	282	5,00 - 6,00	1,0	66,53	66,56
PKK 21	283	6,00 - 7,50	1,50	60,11	57,35
PKK 21	284	7,50 - 9,00	1,50	36,05	51,56

No. de Sondage / Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %
PK 22	343	0,0 - 1,0	1,0	52,36
PK 22	344	1,0 - 2,0	1,0	49,52
PK 22	345	2,0 - 3,15	1,15	43,60
PK 22	346	3,60 - 5,00	1,40	47,32
PK 22	347	5,0 - 6,0	1,0	42,92
PK 22	348	6,0 - 7,40	1,40	41,26
PK 23	309	0,0 - 1,0	1,0	52,07
PK 23	310	1,0 - 2,0	1,0	51,66
PK 23	311	2,0 - 2,80	0,80	50,96
PK 23	312	2,80 - 3,25	0,45	39,12
PK 23	313	3,25 - 4,0	0,75	43,03
PK 23	314	4,0 - 5,0	1,0	45,55
PK 23	315	5,0 - 6,0	1,0	41,82
PK 23	316	6,0 - 7,20	1,20	39,47
PK 23	327	7,20 - 7,80	0,60	30,47
PK 24	206	0,0 - 1,0	1,0	52,23
PK 24	207	1,0 - 2,15	1,15	49,67
PK 24	208	2,15 - 2,60	0,45	43,57
PK 24	209	2,60 - 4,0	1,40	47,26
PK 24	210	4,0 - 5,35	1,35	45,70

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P. D. F.	Eau d'hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
76,55	1,89	4,40	3,99	0,14	0,08	0,88	2,87	10,43
70,81	1,95	7,78	5,62	0,19	0,12	0,49	2,86	10,64
62,35	1,76	16,43	6,13	0,25	0,12	0,45	2,63	9,40
67,67	2,21	9,48	6,06	0,27	0,10	0,51	2,49	10,17
61,37	2,19	14,53	8,06	0,35	0,14	0,61	2,58	10,32
59,01	1,91	17,47	7,71	0,19	0,08	0,50	2,65	9,48
76,46	1,76	4,54	3,95	0,11	0,12	0,91	3,28	9,66
73,87	2,11	5,40	4,26	0,11	0,10	0,26	3,09	10,36
72,88	2,06	6,44	3,76	0,11	0,09	0,39	2,75	10,03
55,94	1,51	21,10	7,74	0,47	0,14	0,39	2,33	9,02
61,54	1,82	14,70	7,36	0,45	0,13	0,50	2,55	9,66
65,03	2,07	11,33	7,51	0,39	0,08	0,48	2,57	9,94
59,81	1,92	14,85	8,13	0,37	0,14	0,61	2,96	9,68
56,44	1,71	21,19	6,98	0,39	0,20	0,58	2,67	8,99
43,57	1,21	37,73	6,19	0,41	0,17	0,51	2,14	7,14
76,68	1,78	5,13	4,46	0,24	0,14	0,31	1,99	12,29
71,03	1,89	10,03	3,94	0,26	0,10	0,40	2,02	10,79
62,30	1,43	16,80	5,97	0,50	0,20	0,56	2,55	9,63
67,58	1,87	10,52	6,28	0,53	0,18	0,60	2,78	10,36
65,35	1,89	11,83	6,97	0,47	0,16	0,63	2,21	11,32

ANNEXE 3.2.8

RESULTATS DES ANALYSES

No. de Sondage/ Tranche	No. d' échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- sieur d'échan- tillon (m)	Fe-tot.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO (ppm)	MgO	P.D.F.	Eau d'hy- dratation (500P)
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
PK 24	211	5,35 - 6,30	0,95	37,89	56,19	1,50	23,63	6,77	0,62	0,18	0,46	1,96	37,89
PK 24	212	6,30 - 7,50	1,20	29,52	62,21	1,06	37,81	7,22	0,62	0,16	0,30	9,51	29,52
PK 25	121	0,0 - 1,0	1,0	52,53	75,12	2,24	6,69	6,01	0,23	---	0,32	2,07	11,70
PK 25	122	1,0 - 1,65	0,65	51,16	73,16	2,32	5,59	6,38	0,30	---	0,61	2,01	11,66
PK 25	123	1,65 - 2,40	0,75	60,98	58,60	1,66	18,78	7,01	0,65	---	0,69	2,51	9,68
PK 25	124	2,40 - 3,60	1,0	67,03	67,25	1,90	9,69	5,77	0,66	---	0,69	2,78	10,27
PK 25	125	3,60 - 6,60	1,0	62,91	61,36	2,06	16,55	7,17	0,66	---	0,68	3,61	9,86
PK 25	126	6,60 - 5,10	0,7	33,01	67,20	1,55	10,19	7,62	0,68	---	0,66	3,62	7,80
PK 25	127	5,10 - 6,60	1,30	29,98	62,87	1,31	38,95	6,16	0,60	---	0,29	5,15	6,33
PK 26	220	0,0 - 1,05	1,05	50,52	72,25	1,63	6,79	3,79	0,26	0,12	0,62	1,83	11,38
PK 26	221	1,05 - 2,0	0,95	67,54	67,99	1,60	11,56	6,69	0,27	0,16	0,26	2,76	10,13
PK 26	222	2,0 - 2,35	0,35	66,85	66,11	1,32	15,65	5,53	0,50	0,16	0,30	3,20	9,16
PK 26	223	2,35 - 2,55	0,20	37,75	53,98	1,25	26,10	5,55	0,51	0,16	0,37	1,30	9,67
PK 26	224	2,55 - 3,50	0,95	65,70	65,35	1,82	12,18	6,60	0,63	0,16	0,50	2,66	10,31
PK 26	225	3,50 - 6,50	1,0	65,70	65,35	1,95	12,07	6,18	0,59	0,12	0,53	1,66	11,28
PK 26	226	6,50 - 5,30	0,8	63,29	61,90	1,56	17,63	5,67	0,38	0,16	0,62	1,23	11,28
PK 26	227	5,30 - 6,0	0,7	61,01	58,65	1,19	23,86	5,65	0,36	0,16	0,55	1,28	10,17
PK 26	228	6,0 - 6,80	0,8	29,99	62,02	1,63	60,61	5,86	0,36	0,18	0,29	1,29	7,83
PK 27	213	0,0 - 1,0	1,0	51,67	73,09	2,11	6,65	3,95	0,18	0,10	0,27	1,01	12,60

14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

No. de Sondage/ Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %
PDK 27	214	1,0 - 1,80	0,80	45,22
PDK 27	215	1,80 - 2,20	0,40	39,97
PDK 27	216	2,20 - 3,20	0,90	64,66
PDK 27	217	3,20 - 4,30	1,10	43,48
PDK 27	218	4,30 - 5,60	1,30	33,24
PDK 27	219	5,60 - 6,15	0,55	28,21
PDK 28	182	0,0 - 1,0	1,0	49,47
PDK 28	183	1,0 - 2,40	1,40	50,16
PDK 28	184	2,40 - 3,20	0,80	61,78
PDK 28	185	3,20 - 4,20	1,0	64,80
PDK 28	186	4,20 - 5,20	1,0	43,98
PDK 28	187	5,20 - 6,30	1,10	60,82
PDK 28	188	6,30 - 7,30	1,00	36,69
PDK 28	189	7,30 - 8,30	0,80	27,90
PDK 29	190	0,0 - 1,45	1,45	50,57
PDK 29	191	1,45 - 2,80	1,35	64,25
PDK 29	192	2,80 - 3,50	0,70	29,68
PDK 29	193	3,50 - 4,50	1,0	39,85
PDK 29	194	4,50 - 5,50	1,0	39,58
PDK 29	195	5,50 - 6,80	1,30	61,78

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + H <sub>2</sub> O	MgO	P.D.F.	Eau d'hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
65,38	1,91	13,05	5,50	0,29	0,16	0,18	1,01	11,35
57,16	1,50	21,09	6,53	0,41	0,26	0,30	1,09	10,32
63,58	1,94	12,72	6,93	0,36	0,24	0,42	0,98	11,50
62,17	1,90	16,82	7,05	0,31	0,30	0,43	0,92	11,45
67,53	1,31	31,36	7,68	0,39	0,27	0,32	0,87	9,48
60,34	1,08	41,24	6,98	0,45	0,23	0,19	0,81	8,06
70,75	1,82	7,17	6,25	0,16	0,09	0,33	3,56	9,62
71,73	2,18	6,39	5,86	0,15	0,07	0,39	3,27	10,30
59,74	1,25	17,35	7,89	0,42	0,22	0,91	2,52	8,55
64,07	1,80	13,84	8,36	0,32	0,30	0,56	3,76	9,00
62,89	2,00	11,25	9,23	0,31	0,16	0,66	4,07	8,99
58,37	1,79	18,03	7,98	0,34	0,27	0,66	4,24	7,76
52,47	1,49	26,78	8,24	0,31	0,19	0,64	3,79	7,51
39,89	1,01	38,05	8,17	0,34	0,13	0,23	4,05	5,25
72,32	1,77	6,69	5,81	0,25	0,28	0,36	2,31	10,62
63,78	1,39	16,40	6,70	0,22	0,11	0,26	2,20	9,96
62,45	1,02	36,62	8,17	0,33	0,17	0,27	3,17	5,86
56,99	1,52	20,42	8,32	0,41	0,24	0,35	1,87	9,60
56,60	1,70	18,82	8,84	0,42	0,16	0,37	3,59	10,01
59,74	1,79	15,99	8,38	0,35	0,14	0,37	1,78	10,74

Annexe 3 2.10

RESULTATS

No. de Sondage / Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
PK 30	263	0,0 - 0,90	0,90	48,06	68,70
PK 30	264	0,90 - 1,75	0,85	50,27	71,89
PK 30	265	1,75 - 2,40	0,65	50,55	72,29
PK 30	266	2,40 - 2,75	0,35	34,21	48,93
PK 30	267	2,75 - 2,95	0,20	47,59	68,06
PK 30	268	2,95 - 4,0	1,05	48,69	69,63
PK 30	269	4,0 - 5,0	1,0	46,49	66,49
PK 30	270	5,0 - 6,0	1,0	45,12	64,52
PK 30	271	6,0 - 6,60	0,6	38,24	54,68
PK 31	256	0,0 - 1,0	1,0	52,45	75,00
PK 31	257	1,0 - 2,0	1,0	50,36	72,01
PK 31	258	2,0 - 3,0	1,0	49,02	70,08
PK 31	259	3,0 - 3,30	0,3	41,74	59,69
PK 31	260	3,30 - 4,30	1,0	47,36	67,69
PK 31	261	4,30 - 5,30	1,0	48,61	69,31
PK 31	262	5,30 - 6,30	1,0	46,38	66,32
PK 32	291	0,0 - 1,0	1,0	52,48	75,05
PK 32	292	1,0 - 1,60	0,6	50,14	71,69
PK 32	293	1,60 - 1,90	0,3	41,75	59,70
PK 32	294	1,90 - 3,0	1,10	46,00	65,79

DES ANALYSES.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P.D.F.	Eau d'hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%
1,91	11,22	5,51	0,46	0,10	0,35	1,11	10,94
1,76	9,36	4,05	0,19	0,08	0,25	1,15	11,56
1,71	7,89	5,06	0,13	0,10	0,41	0,86	12,26
1,22	35,07	4,98	0,36	0,16	0,31	0,80	8,36
1,81	11,60	4,48	0,39	0,20	0,36	3,15	8,73
2,16	7,96	5,00	0,28	0,12	0,43	3,72	9,01
2,30	8,37	6,65	0,27	0,16	0,66	3,63	9,56
2,12	16,66	5,61	0,25	0,12	0,60	2,80	8,66
1,30	25,06	6,76	0,35	0,12	0,35	3,07	8,02
1,52	5,75	4,35	0,21	0,15	0,38	1,56	11,85
1,62	7,76	4,67	0,23	0,12	0,25	1,62	11,92
2,05	10,10	6,67	0,25	0,11	0,19	1,63	11,86
1,13	19,86	7,21	0,48	0,13	0,39	2,31	9,63
1,81	12,15	5,80	0,38	0,12	0,39	1,71	11,05
2,21	8,32	6,18	0,33	0,12	0,39	1,76	11,57
2,09	10,96	6,77	0,35	0,12	0,38	1,55	11,57
1,81	5,65	2,61	0,39	0,13	0,25	1,62	12,59
2,19	8,63	3,11	0,28	0,12	0,21	1,73	11,75
1,81	19,16	6,31	0,61	0,12	0,33	1,39	10,63
1,95	11,93	6,30	0,56	0,21	0,38	1,25	11,97

TABLEAU 3.11

FOY	FOY	STO2	ALD94	TFO2	CO	NO	P.D.F.	Equ. d'by d'at'ion (5000)	%
68,89	1,67	16,53	6,79	0,16	0,09	0,38	3,12	8,69	
67,60	1,60	15,56	3,60	0,12	0,12	0,53	2,07	9,63	
75,66	1,09	5,95	6,12	0,12	0,10	0,36	3,11	9,61	
56,73	1,65	22,01	6,66	0,31	0,10	0,66	2,71	8,56	
55,86	1,35	26,66	5,89	0,26	0,10	0,29	2,60	8,88	
71,99	1,65	9,03	4,65	0,25	0,08	0,60	2,12	9,96	
59,89	1,95	17,65	7,09	0,29	0,09	0,36	1,22	10,90	
72,21	2,06	8,00	6,85	0,19	0,10	0,38	1,56	11,71	
70,89	1,61	8,16	4,58	0,18	0,08	0,21	1,52	11,69	
72,76	1,22	7,61	6,65	0,19	0,07	0,26	1,03	11,75	
68,52	1,37	36,16	6,29	0,12	0,16	0,25	1,25	8,10	
63,93	1,83	13,09	7,22	0,16	0,16	0,68	3,69	9,66	
71,66	1,51	8,66	6,92	0,26	0,18	0,19	2,60	10,66	
65,93	1,32	37,68	6,17	0,66	0,10	0,28	0,82	8,32	
52,51	1,82	21,20	6,56	0,60	0,12	0,60	0,99	10,37	
65,02	1,89	11,61	6,89	0,38	0,12	0,19	0,91	11,71	
78,36	1,52	6,58	2,78	0,16	0,10	0,28	1,00	11,78	
65,18	1,36	16,20	6,58	0,51	0,12	0,38	1,12	11,00	

Annexe B 2.1.2

No. de coadpge/ għam- [million]	Section de - a [million (m)]	1,6019 - seur [million (m)]	1,6019 - seur [million (m)]	2
PKK 32	3,0 - - 4,50	1,50	45,58	
PKK 33	0,0 - - 1,65	1,65	56,78	
PKK 33	1,65 - - 2,50	1,05	65,67	
PKK 33	2,50 - - 3,50	1,00	60,22	
PKK 33	3,50 - - 4,10	0,60	32,12	
PKK 34	0,0 - - 1,70	1,70	49,96	
PKK 34	1,70 - - 3,30	1,60	66,70	
PKK 34	3,30 - - 4,10	0,80	36,63	
PKK 35	0,0 - - 1,00	1,00	50,87	
PKK 35	1,00 - - 2,15	1,15	69,58	
PKK 35	2,15 - - 3,15	1,0	50,69	
PKK 35	3,15 - - 4,70	1,55	61,88	
PKK 36	0,0 - - 1,00	1,00	50,36	
PKK 36	1,00 - - 2,20	1,20	49,06	
PKK 36	2,20 - - 4,00	1,80	49,67	
PKK 37	5,00 - - 6,00	1,00	52,91	
PKK 37	6,00 - - 7,00	1,00	67,27	
PKK 37	7,00 - - 8,00	1,00	67,82	

SECRET

Category	Item	Value	Unit
P205	ST02	19,19	7
	ST03	20,81	7
AT03	TI02	9,11	7
	TI03	8,70	7
G00	TI02	0,67	7
	TI03	0,76	7
B00	TI02	0,10	7
	TI03	0,26	7
P.D.F.	TI02	3,31	7
	TI03	4,37	7
E00	TI02	2,60	7
	TI03	2,60	7
P205	ST02	16,30	7
	ST03	16,30	7
AT03	TI02	6,75	7
	TI03	6,75	7
G00	TI02	0,31	7
	TI03	0,06	7
B00	TI02	0,28	7
	TI03	0,28	7
P.D.F.	TI02	2,62	7
	TI03	2,68	7
E00	TI02	1,11	7
	TI03	1,11	7
P205	ST02	66,30	7
	ST03	66,30	7
AT03	TI02	5,89	7
	TI03	5,89	7
G00	TI02	0,60	7
	TI03	0,07	7
B00	TI02	0,08	7
	TI03	0,08	7
P.D.F.	TI02	2,75	7
	TI03	2,75	7
E00	TI02	2,22	7
	TI03	2,22	7
P205	ST02	12,23	7
	ST03	12,23	7
AT03	TI02	7,11	7
	TI03	7,11	7
G00	TI02	0,31	7
	TI03	0,11	7
B00	TI02	0,23	7
	TI03	0,23	7
P.D.F.	TI02	3,52	7
	TI03	3,52	7
E00	TI02	2,95	7
	TI03	2,95	7
P205	ST02	6,38	7
	ST03	6,38	7
AT03	TI02	4,63	7
	TI03	4,63	7
G00	TI02	0,13	7
	TI03	0,05	7
B00	TI02	0,22	7
	TI03	0,09	7
P.D.F.	TI02	3,12	7
	TI03	3,12	7
E00	TI02	3,15	7
	TI03	3,15	7
P205	ST02	11,07	7
	ST03	11,07	7
AT03	TI02	6,69	7
	TI03	6,69	7
G00	TI02	0,15	7
	TI03	0,08	7
B00	TI02	0,17	7
	TI03	0,06	7
P.D.F.	TI02	2,60	7
	TI03	2,60	7
E00	TI02	2,15	7
	TI03	2,15	7

No. de Sektor/ Trans- aksi	No. d' Sektor/ Trans- aksi	Section description (m)	Section description (m)	Section description (m)	Section description (m)	Section description (m)	Section description (m)
199	199	8,00 - 8,65	8,00 - 8,65	60,56	60,56	57,97	57,97
200	200	9,80 - 10,60	9,80 - 10,60	0,80	60,13	57,38	57,38
38	38	0,00 - 0,80	0,00 - 0,80	0,80	68,56	69,66	69,66
38	38	0,80 - 1,60	0,80 - 1,60	0,80	66,77	66,88	66,88
38	38	1,60 - 2,80	1,60 - 2,80	1,20	30,95	66,26	66,26
38	38	2,80 - 3,80	2,80 - 3,80	1,00	46,77	66,88	66,88
38	38	3,80 - 5,00	3,80 - 5,00	1,20	30,06	55,86	55,86
39	39	0,0 - 1,15	0,0 - 1,15	1,15	48,75	69,71	69,71
39	39	1,15 - 2,00	1,15 - 2,00	0,85	26,37	37,20	37,20
39	39	2,00 - 3,00	2,00 - 3,00	1,00	66,83	66,97	66,97
39	39	3,00 - 4,00	3,00 - 4,00	1,00	40,51	57,93	57,93
60	60	0,0 - 1,00	0,0 - 1,00	1,00	46,28	66,18	66,18
60	60	1,00 - 1,80	1,00 - 1,80	0,80	37,78	56,03	56,03
61	61	0,0 - 1,00	0,0 - 1,00	1,00	50,99	77,28	77,28
61	61	1,00 - 2,00	1,00 - 2,00	1,00	51,17	73,18	73,18
61	61	2,00 - 3,00	2,00 - 3,00	1,00	66,22	66,09	66,09
61	61	3,00 - 4,00	3,00 - 4,00	1,00	65,12	66,52	66,52
61	61	4,00 - 5,00	4,00 - 5,00	1,00	60,99	58,52	58,52
61	61	5,00 - 5,90	5,00 - 5,90	0,90	33,25	67,55	67,55

No. de Sondage/ Tran- chée	No. d' échan- tillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- seur d'échan- tillon (m)	Fe. tot.  %
PDK 42	335	0,0 - 1,00	1,00	51,72
PDK 42	336	1,00 - 2,00	1,00	46,57
PDK 42	337	2,00 - 3,00	1,00	39,75
PDK 42	338	3,00 - 4,00	1,00	40,90
PDK 42	339	4,00 - 4,90	0,90	35,21
PDK 43	360	0,0 - 1,05	1,05	56,28
PDK 43	361	1,05 - 2,00	0,95	49,09
PDK 43	362	2,00 - 3,25	1,25	41,51
PDK 43	363	3,25 - 4,60	1,35	24,68
PDK 44	432	0,0 - 1,05	1,05	56,32
PDK 44	433	1,05 - 1,70	0,65	68,33
PDK 44	434	1,70 - 2,30	0,60	65,86
PDK 44	435	2,30 - 3,20	0,90	50,13
PDK 45	364	0,0 - 1,00	1,00	51,80
PDK 45	365	1,00 - 2,40	1,40	48,95
PDK 45	366	2,40 - 3,00	0,60	33,59
PDK 45	367	3,00 - 4,00	1,00	45,41
PDK 45	368	4,00 - 5,30	1,30	43,93
PDK 45	369	5,30 - 6,55	1,25	37,36

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P.D.F.	Emulsion (5000 <sup>o</sup> )
%	%	%	%	%	%	%	%	%
73,96	1,51	7,06	4,08	0,07	0,09	0,29	2,23	10,63
63,73	1,11	15,97	6,20	0,22	0,08	0,23	1,86	10,17
56,85	1,62	19,36	8,10	0,36	0,08	0,41	2,10	10,20
58,48	1,85	19,20	7,31	0,25	0,07	0,35	2,18	9,69
50,35	1,56	30,95	6,30	0,26	0,08	0,38	2,60	7,65
77,62	1,57	3,69	2,90	0,16	0,06	0,30	0,99	11,75
70,19	1,97	7,69	6,10	0,42	0,13	0,60	0,77	12,57
59,37	1,79	19,05	6,73	0,26	0,09	0,28	0,73	11,03
35,30	0,96	48,30	6,22	0,25	0,11	0,18	0,51	7,26
77,68	1,20	5,55	2,69	0,18	0,08	0,43	2,65	9,69
69,12	1,57	11,65	4,08	0,25	0,08	0,26	2,66	10,10
65,55	1,50	16,25	3,77	0,15	0,16	0,37	2,36	9,50
71,69	1,79	8,92	3,97	0,27	0,08	0,23	2,70	10,22
76,07	1,31	7,07	3,59	0,13	0,08	0,33	2,36	10,18
70,01	1,93	9,68	4,72	0,18	0,06	0,21	2,47	10,30
48,03	0,68	36,17	5,02	0,63	0,08	0,65	1,75	6,76
66,93	1,76	12,58	7,12	0,62	0,09	0,35	2,62	9,75
62,83	2,05	13,47	7,18	0,38	0,10	0,32	2,58	9,06
53,60	1,73	26,66	7,35	0,62	0,10	0,25	2,50	8,63

ANNEXE 3 C.1.1

No. de Sondage/Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %
PDK 46	495	0,0 - 1,25	1,25	47,74
PDK 46	496	1,25 - 3,05	1,80	37,35
PDK 46	497	3,05 - 3,90	0,85	30,16
PDK 46	498	3,90 - 5,00	1,10	48,68
PDK 46	499	5,00 - 5,70	0,70	42,42
PDK 46	500	5,70 - 6,65	0,95	40,17
PDK 47	489	0,0 - 1,20	1,20	50,55
PDK 47	490	1,20 - 2,95	1,75	51,79
PDK 47	491	3,65 - 5,85	2,20	48,89
PDK 47	492	5,85 - 7,20	1,35	65,69
PDK 47	493	3,10 - 3,65	0,55	48,67
PDK 47	494	7,20 - 8,00	0,80	39,51
PDK 48	510	0,0 - 1,15	1,15	56,12
PDK 48	511	1,15 - 2,15	1,00	53,45
PDK 48	512	2,15 - 3,05	0,90	48,75
PDK 48	513	3,25 - 4,25	1,00	46,56
PDK 48	514	4,25 - 5,25	1,00	46,74
PDK 48	515	5,25 - 6,00	0,75	41,94

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P. D. F.	Eau d'Hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
68,28	1,41	12,95	3,73	0,25	0,05	0,29	1,75	11,26
53,41	1,06	28,53	4,75	0,18	0,06	0,36	1,61	9,66
41,13	0,65	19,65	5,70	0,29	0,08	0,31	1,56	8,06
69,33	1,86	9,26	5,30	0,27	0,10	0,36	2,06	11,17
60,67	1,83	16,00	7,16	0,27	0,10	0,32	1,98	11,02
57,66	1,71	20,31	6,58	0,32	0,08	0,25	1,73	10,90
72,29	1,34	9,02	3,89	0,12	0,13	0,29	2,66	9,91
74,07	1,65	9,01	2,36	0,13	0,08	0,38	2,60	9,81
69,92	1,92	9,89	4,89	0,66	0,09	0,31	2,33	10,27
65,33	2,05	13,01	6,21	0,36	0,08	0,28	2,38	9,81
69,60	1,65	9,96	5,67	0,56	0,08	0,40	2,27	10,02
56,51	1,82	24,43	5,86	0,38	0,10	0,22	2,28	8,77
77,63	1,60	5,51	2,70	0,15	0,10	0,28	0,67	11,50
76,66	1,67	7,67	2,66	0,16	0,16	0,39	0,62	11,07
69,70	1,67	16,80	2,66	0,10	0,10	0,35	0,52	10,63
66,59	1,73	13,00	5,71	0,39	0,19	0,39	0,60	11,30
63,98	1,98	13,98	6,86	0,36	0,23	0,33	0,65	11,59
59,97	1,88	19,55	6,71	0,36	0,17	0,28	0,59	10,96

ANALYSE N° 1110

No. de Soulage/ Tran- chée	No. d' échan- tillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- seur d'échan- tillon (m)	Fe tot $\Sigma$
PDK 49	502	0,40 - 1,25	0,85	52,19
PDK 49	503	1,25 - 2,60	1,35	47,85
PDK 49	504	2,60 - 3,15	0,55	36,10
PDK 49	505	3,15 - 3,85	0,70	36,44
PDK 49	506	3,85 - 4,55	0,70	34,90
PDK 49	507	4,55 - 5,75	1,20	36,37
PDK 49	508	5,75 - 6,10	0,35	32,25
PDK 49	509	6,10 - 7,50	1,40	35,60
PDK 50	436	1,15 - 1,60	0,45	52,11
PDK 50	437	1,60 - 2,15	0,55	49,17
PDK 50	438	2,15 - 2,95	0,80	51,13
PDK 50	439	2,95 - 3,20	0,25	34,09
PDK 51	440	0,0 - 0,60	0,60	47,36

RESULTATS DES ANALYSES

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P. O. F.	Etat d'hy- dratation (5000°)
%	%	%	%	%	%	%	%	%
74,63	1,66	6,45	3,91	0,15	0,10	0,39	2,32	10,43
68,43	1,65	10,59	5,27	0,25	0,11	0,36	2,35	10,90
51,62	1,09	30,52	5,47	0,27	0,13	0,26	1,89	8,35
52,10	1,20	27,33	6,93	0,33	0,11	0,22	2,17	9,57
49,91	1,09	36,08	4,55	0,16	0,09	0,27	1,93	8,16
52,02	1,26	26,67	8,58	0,80	0,13	0,36	2,16	9,26
66,11	1,05	31,47	8,41	0,66	0,13	0,23	2,10	9,12
50,91	1,56	27,40	7,27	0,43	0,15	0,27	2,55	8,76
76,52	1,67	7,62	3,09	0,16	0,07	0,45	2,66	9,92
70,72	1,83	10,12	3,86	0,26	0,08	0,45	2,80	9,95
73,12	2,02	8,38	3,08	0,23	0,07	0,47	2,68	10,06
68,74	1,26	25,23	11,13	0,69	0,09	0,19	2,05	10,27
67,72	1,38	17,59	1,60	0,16	0,09	0,23	2,28	8,66

Annexe 3 2.16

RESULTATS DES ANALYSES

No. de Souches/Tranche	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>		CaO		P.D.F.		Ent d'Hydratation (5000)	
								Z	%	Z	%	Z	%	Z	%
DK 1	136	18,75 - 19,80	1,05	52,53	2,15	5,62	3,98	0,16	0,17	0,26	2,98	10,83			
DK 1	137	19,80 - 20,57	0,77	51,11	2,62	6,61	6,61	0,16	0,11	0,20	2,92	11,61			
DK 1	138	20,57 - 21,36	0,77	69,13	2,60	9,00	6,98	0,26	0,11	0,39	3,23	9,73			
DK 1	139	22,85 - 26,17	1,32	51,97	2,63	6,66	6,85	0,26	0,12	0,65	2,52	10,78			
DK 1	160	26,12 - 25,36	1,17	61,75	1,31	26,37	3,36	0,16	0,09	0,78	2,63	6,15			
DK 1	162	25,36 - 25,79	0,65	60,61	1,98	21,55	5,81	0,28	0,16	0,39	3,82	7,78			
DK 1	163	25,77 - 27,01	1,26	27,27	1,27	66,61	5,03	0,28	0,16	0,36	2,96	6,88			
DK 2	128	17,17 - 19,90	2,73	56,38	1,56	2,01	2,76	0,11	0,20	1,15	2,89	10,17			
DK 2	129	19,90 - 21,35	1,65	55,01	1,88	2,66	2,92	0,11	0,19	0,67	2,96	11,00			
DK 2	130	21,35 - 21,95	0,60	51,16	1,69	7,90	3,60	0,15	0,18	0,60	2,91	9,94			
DK 2	131	21,95 - 23,15	1,20	38,09	1,36	29,11	3,32	0,26	0,16	0,73	3,01	6,86			
DK 2	132	23,15 - 26,35	1,20	51,57	2,06	5,90	6,22	0,36	0,16	0,66	3,23	9,76			
DK 2	133	26,35 - 25,55	1,20	51,30	2,11	5,61	6,86	0,12	0,17	0,56	3,90	9,49			
DK 2	136	25,55 - 26,75	1,20	68,89	2,16	7,68	6,95	0,29	0,12	0,55	3,62	9,66			
DK 2	135	26,75 - 28,30	1,55	33,56	1,67	31,89	6,09	0,61	0,15	0,63	6,66	5,73			
DK 3	272	20,70 - 22,11	1,61	52,51	1,88	3,61	6,26	0,15	0,12	0,20	2,37	11,23			
DK 3	273	22,11 - 26,60	2,39	50,26	2,02	9,00	3,27	0,19	0,08	0,53	2,96	10,65			
DK 3	276	26,60 - 25,60	1,20	69,96	2,25	7,76	5,17	0,50	0,08	0,68	2,66	10,29			
DK 3	275	25,60 - 26,50	0,90	69,67	2,28	7,82	5,25	0,36	0,12	0,68	2,79	10,25			
DK 3	276	26,50 - 27,60	0,90	67,12	1,97	13,93	6,33	0,27	0,08	0,68	2,78	9,25			

## RÉSULTATS DES ANALYSES

No. de Sondage/ Tran- cours	No. d' échan- tillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- sueur d'échan- tillon (m)	Fe-tot.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO		MgO		P. D. F.		Essai d'hy- dratation (500°)	
										%	MgO	%	MgO	%	%	%	%
DK 4	161	19,50 - 20,20	0,70	51,63	73,55	1,89	5,74	5,63	0,21	0,11	0,53	3,62	9,79				
DK 4	162	20,20 - 21,60	1,20	53,03	75,91	2,18	3,94	6,37	0,11	0,10	0,90	3,35	10,66				
DK 4	163	21,60 - 22,60	1,20	50,75	72,57	1,84	7,48	6,10	0,31	0,10	0,55	2,93	9,67				
DK 4	164	22,60 - 23,80	1,20	52,81	75,52	2,23	4,64	4,86	0,20	0,07	0,38	1,14	10,66				
DK 4	165	23,80 - 25,00	1,20	50,88	72,76	2,10	8,16	5,38	0,36	0,11	0,50	2,55	9,76				
DK 4	166	25,00 - 26,20	1,20	69,06	70,16	2,32	8,31	5,97	0,32	0,10	0,52	2,94	9,65				
DK 4	167	26,20 - 27,20	1,00	67,65	67,85	2,18	10,02	7,13	0,39	0,27	0,61	2,88	9,63				
DK 4	168	27,20 - 28,00	0,80	66,21	66,08	1,89	13,13	6,61	0,26	0,78	0,33	2,61	9,08				
DK 5	169	22,50 - 23,61	1,11	52,37	74,89	1,37	4,66	4,76	0,23	0,18	0,93	2,31	10,50				
DK 5	170	23,61 - 25,13	1,52	50,74	72,56	1,62	6,34	5,26	0,16	0,20	0,58	2,85	10,26				
DK 5	171	25,90 - 26,54	0,64	36,91	69,92	1,33	15,00	3,20	0,21	0,16	0,30	2,19	6,24				
DK 5	172	26,54 - 27,14	0,60	66,06	65,83	1,72	13,58	7,69	0,65	0,16	0,61	2,71	9,00				
DK 5	173	27,14 - 28,40	1,26	67,55	68,00	1,99	11,10	6,75	0,60	0,17	0,65	1,96	10,01				
DK 6	174	20,95 - 22,25	1,30	52,11	74,52	1,27	8,78	2,86	0,21	0,07	0,37	1,87	10,89				
DK 6	175	23,65 - 24,05	0,60	67,09	67,33	1,94	12,42	4,35	0,61	0,09	0,68	2,31	9,56				
DK 6	176	24,05 - 25,00	0,95	66,96	67,15	1,96	13,18	4,61	0,74	0,17	0,33	2,56	9,25				
DK 7	177	19,60 - 20,65	1,25	51,81	74,09	1,33	6,38	4,07	0,13	0,26	0,39	1,74	10,77				
DK 7	178	20,65 - 21,85	1,20	51,95	74,28	1,69	5,11	5,00	0,17	0,06	0,31	2,86	10,92				
DK 7	179	21,85 - 22,70	0,85	61,09	58,76	1,51	23,55	5,69	0,62	0,09	0,33	1,93	8,28				

1905	5102	Al2O3	FeO2	CaO + MgO	P2O5	FeO d'hydratation (500°)
1,83	11,78	5,28	0,66	0,10	0,38	1,67
2,02	13,03	6,79	0,32	0,00	0,69	1,77
1,68	8,73	3,06	0,22	0,33	0,32	1,90
1,56	8,55	3,66	0,28	0,17	0,25	2,09
1,68	26,19	6,13	0,61	0,17	0,20	2,69
1,56	23,92	5,60	0,81	0,20	0,27	3,65
2,39	8,32	6,21	0,36	0,15	0,36	3,15
2,03	16,51	6,72	0,61	0,17	0,36	3,23
1,62	6,76	3,83	0,13	0,09	0,26	1,65
0,88	52,89	2,51	0,21	0,10	0,13	1,81
2,25	10,51	5,81	0,35	0,06	0,37	1,90
2,06	17,95	6,69	0,25	0,07	0,31	1,63
1,56	5,69	3,27	0,61	0,12	0,21	2,80
1,67	11,05	2,95	0,27	0,10	0,21	2,88
1,38	26,69	3,69	0,26	0,12	0,20	2,61
2,32	9,21	5,58	0,66	0,12	0,35	6,28
2,09	17,62	6,02	0,50	0,15	0,66	6,62
1,59	5,29	3,10	0,19	0,12	0,36	2,65

Annexe B 2.10

No. de Sección/ Tramo- Cabe	No. d' d'Estación	Sección de - a	(m)	L'Epais- sour d'Estan- tion	Fe- tot	Fe- tot
IK 7	180	27,70 - 28,30	0,60	66,93	67,11	63,67
IK 7	181	24,15 - 25,65	1,50	66,53		63,67
IK 8	265	21,90 - 23,10	1,20	52,06	76,63	
IK 8	266	23,10 - 23,70	0,60	50,81	77,66	
IK 8	267	24,30 - 25,50	1,20	61,88	59,90	
IK 8	268	26,05 - 26,75	0,70	19,96	57,16	
IK 8	269	26,75 - 27,80	1,05	69,30	70,50	
IK 8	250	27,80 - 28,30	0,50	66,69	63,63	
IK 9	199	18,85 - 21,12	2,27	52,87	75,60	
IK 9	600	21,12 - 22,08	0,76	26,07	17,28	
IK 9	601	23,30 - 26,88	1,50	67,38	67,25	
IK 9	602	26,80 - 25,65	0,65	66,33	63,19	
IK 10	296	20,70 - 22,22	1,52	53,26	76,13	
IK 10	297	22,22 - 23,61	1,39	51,11	73,09	
IK 10	298	23,61 - 26,37	0,76	61,03	58,68	
IK 10	299	25,66 - 26,66	1,20	68,13	68,83	
IK 10	300	26,66 - 27,96	1,30	63,65	62,33	
IK 11	285	17,65 - 19,25	1,80	53,56	76,59	

RESULTS

No. de Sondage/ Tranche	No. d' échan- tillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- seur d'échan- tillon (m)	Fe-tot. %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
DK 11	286	19,25 - 21,65	2,40	45,18	66,61
DK 11	287	21,65 - 22,15	0,50	47,52	67,95
DK 11	288	22,15 - 22,85	0,70	50,95	72,86
DK 11	289	22,85 - 24,05	1,20	47,24	62,55
DK 11	290	24,05 - 24,75	0,70	39,28	56,16
DK 12	157	17,40 - 19,80	2,40	55,01	78,26
DK 12	158	21,35 - 22,70	1,35	52,81	75,52
DK 12	159	22,70 - 23,30	0,60	49,78	71,19
DK 12	160	23,30 - 24,70	1,40	20,63	29,50
DK 13	143	20,85 - 22,00	1,15	53,65	76,71
DK 13	144	22,00 - 23,20	1,20	52,23	74,68
DK 13	145	23,20 - 23,80	0,60	49,41	70,65
DK 13	146	23,80 - 24,40	0,60	49,13	70,25
DK 13	147	24,40 - 25,60	1,20	47,97	68,60
DK 13	148	25,60 - 26,20	0,60	47,69	68,19
DK 13	149	26,20 - 26,80	0,60	46,99	64,33
DK 13	150	26,80 - 28,00	1,20	36,76	52,56
DK 13	151	28,00 - 28,85	0,85	35,34	50,53
DK 14	152	21,32 - 22,85	1,53	53,03	75,91

## DLS ANALYSES

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	MnO	P.D.F.	Fast Hy- dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%
1,47	20,01	2,20	0,19	0,13	0,30	2,30	8,91
1,57	13,70	3,60	0,63	0,18	0,38	2,15	10,00
1,91	9,01	3,67	0,45	0,20	0,44	2,72	9,85
2,22	11,06	4,49	0,45	0,18	0,40	2,06	10,84
1,89	25,25	4,07	0,63	0,17	0,31	1,94	8,75
2,10	3,56	2,82	0,22	0,06	0,33	2,24	10,97
2,63	4,88	3,57	0,30	0,14	0,48	2,26	10,66
2,43	9,82	4,44	0,27	0,12	0,44	2,86	9,53
0,79	56,78	4,54	0,75	0,14	0,14	3,02	3,53
1,90	4,08	4,36	0,16	0,08	0,20	3,58	10,43
2,32	4,64	4,39	0,18	0,08	0,23	3,51	10,85
2,11	8,38	4,70	0,26	0,10	0,25	2,35	11,03
2,00	7,87	5,88	0,42	0,08	0,43	2,59	10,16
2,35	7,80	6,93	0,41	0,10	0,45	3,73	9,82
2,44	9,32	6,66	0,36	0,10	0,40	3,02	10,38
2,08	15,16	5,94	0,26	0,10	0,43	2,29	10,25
1,75	27,62	7,33	0,41	0,12	0,32	2,56	8,69
1,71	30,85	6,64	0,42	0,20	0,26	2,14	8,14
1,98	4,16	4,57	0,20	0,08	0,22	2,29	11,41

APPENDIX 3.10

No. de Sondage/ Tranche	No. d'Échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
DK 14	153	22,85 - 24,65	1,80	53,36	76,30
DK 14	154	24,65 - 25,65	1,00	49,51	70,80
DK 14	155	25,65 - 26,82	1,17	50,06	71,58
DK 14	156	26,82 - 28,30	1,48	38,51	55,06
DK 15	411	9,80 - 11,20	1,40	50,94	72,85
DK 15	412	11,20 - 12,40	1,20	48,44	69,26
DK 15	413	13,75 - 14,20	0,45	50,55	72,29
DK 15	414	14,20 - 14,80	0,60	47,48	67,90
DK 15	415	14,80 - 15,50	0,70	47,47	67,88
DK 15	416	15,50 - 16,05	0,55	62,12	60,23
DK 16	442	30,45 - 32,25	1,80	52,73	75,40
DK 16	443	32,25 - 33,95	1,70	51,76	74,01
DK 16	444	33,95 - 34,70	0,75	33,93	48,53
DK 16	445	34,70 - 35,75	1,05	33,66	48,13
DK 16	446	35,75 - 36,85	1,10	69,15	70,29
DK 17	380	30,90 - 33,50	2,60	51,77	74,03
DK 17	381	33,50 - 34,40	0,90	45,59	65,20
DK 17	382	34,40 - 35,90	1,50	35,16	50,56
DK 17	383	35,90 - 38,60	2,70	69,99	71,68
DK 17	384	38,60 - 39,55	0,95	36,79	52,04

DES ANALYSES

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>2</sub>	CaO + MgO	H <sub>2</sub> O	P. D. F.	Fou d'by dratation (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%
2,46	5,01	3,67	0,24	0,06	0,29	2,06	11,12
2,37	7,92	5,60	0,32	0,07	0,39	2,28	10,93
2,36	8,11	5,24	0,25	0,05	0,44	2,41	10,54
1,81	25,08	5,19	0,36	0,06	0,26	2,40	8,15
1,32	9,49	3,47	0,19	0,10	0,24	1,13	11,06
1,80	12,76	3,65	0,18	0,12	0,19	1,01	11,09
2,03	9,90	3,72	0,35	0,10	0,29	0,97	10,81
2,30	10,40	5,75	0,50	0,12	0,34	1,31	11,08
2,28	12,23	5,77	0,31	0,12	0,29	1,09	11,11
2,05	20,60	5,74	0,43	0,12	0,29	0,80	10,27
1,45	5,39	2,68	0,13	0,10	0,23	0,84	12,35
1,41	9,02	2,03	0,13	0,07	0,22	0,97	11,10
0,73	35,34	5,55	0,86	0,12	0,33	0,90	7,78
0,78	34,08	5,80	0,84	0,14	0,36	0,95	8,79
2,00	10,91	3,56	0,26	0,10	0,24	0,78	11,26
1,65	6,73	3,02	0,23	0,06	0,28	2,45	12,27
2,18	16,03	3,75	0,39	0,06	0,30	3,08	8,93
1,21	34,34	3,97	0,41	0,10	0,29	2,06	7,51
2,39	8,81	4,28	0,38	0,08	0,28	2,48	10,67
1,76	31,68	5,00	0,50	0,09	0,24	2,32	7,89

Annexe B 2.21

RESULTATS

No. de Sondage/ Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
DK 18	375	25,30 - 27,10	1,80	51,22	73,25
DK 18	376	27,10 - 28,90	1,80	38,99	55,76
DK 18	377	28,90 - 30,30	1,40	36,19	68,90
DK 18	378	30,30 - 32,30	2,00	50,26	71,87
DK 18	379	32,30 - 32,90	0,60	67,52	67,95
DK 19	373	18,20 - 19,80	1,60	56,66	78,16
DK 19	374	22,52 - 25,60	1,88	52,05	74,43
DK 20	385	4,00 - 6,00	2,00	26,09	37,31
DK 20	386	6,00 - 6,55	0,55	27,85	39,82
DK 20	387	6,55 - 8,35	1,80	36,53	52,24
DK 20	388	19,65 - 21,80	2,15	50,56	72,27
DK 20	389	21,80 - 22,75	0,95	60,90	58,68
DK 20	390	22,75 - 26,00	3,25	68,34	69,13
DK 20	391	26,00 - 27,20	1,20	67,79	68,34
DK 21	392	17,51 - 19,80	2,29	69,50	70,78
DK 21	393	19,80 - 21,00	1,20	60,43	57,82
DK 21	394	21,00 - 23,15	2,15	69,57	70,88
DK 21	395	23,15 - 26,60	1,25	67,33	67,68

## DES ANALYSES

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO + MgO	FeO	P. D. F.	Eau d'hy drat. at 100° (500°)
%	%	%	%	%	%	%	%
1,57	10,28	2,69	0,26	0,12	0,26	2,28	10,16
1,61	11,53	2,06	0,18	0,08	0,18	2,18	7,37
1,32	18,69	2,29	0,35	0,12	0,16	2,66	5,97
2,47	7,65	3,77	0,39	0,08	0,29	3,16	10,01
1,61	16,05	2,26	0,12	0,08	0,25	2,16	9,65
1,43	5,46	2,48	0,20	0,13	0,29	2,92	9,96
2,51	6,65	3,87	0,36	0,07	0,28	2,88	9,96
0,20	39,32	10,47	0,50	0,10	0,56	4,42	5,77
0,35	47,41	5,46	0,26	0,06	0,06	2,06	5,60
0,66	33,76	3,97	0,19	0,06	0,11	2,07	7,18
1,62	9,75	6,46	0,20	0,06	0,25	2,40	10,50
1,62	26,00	5,26	0,38	0,08	0,28	2,62	7,86
2,20	10,15	5,58	0,48	0,06	0,30	3,46	9,56
2,15	13,66	6,42	0,25	0,08	0,30	2,92	9,22
1,68	11,53	3,52	0,18	0,06	0,31	1,67	11,10
1,56	28,88	2,18	0,23	0,09	0,29	1,68	7,93
2,30	7,01	6,75	0,35	0,10	0,37	1,20	11,66
2,29	11,61	6,49	0,26	0,08	0,27	1,63	10,95

TABLE 3.2.2

RESULTATS DES ANALYSES

No. de Sondage/ Tranche	No. d'Échantillon	Section d'échantillon de - à (m)	Épaisseur d'échantillon (m)	Fe-tot. (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	CaO (MgO)	MgO (%)	P.D.F. (%)	% d'Inverdation (5000)
IK 22	396	3,25 - 6,90	3,65	60,26	57,56	0,78	28,35	3,67	0,06	0,06	0,16	2,50	7,47
IK 22	397	17,90 - 21,85	3,95	53,76	76,88	1,81	6,10	3,95	0,08	0,06	0,29	2,79	11,06
IK 22	398	21,85 - 25,35	3,50	50,29	71,97	2,62	6,85	6,67	0,25	0,06	0,36	3,00	10,03
IK 23	560	19,20 - 22,85	3,65	51,39	73,69	1,76	8,08	3,37	0,21	0,06	0,32	0,96	11,76
IK 23	561	23,60 - 26,20	0,60	66,83	66,30	1,95	15,97	5,19	0,36	0,10	0,35	0,92	11,13
IK 23	562	26,20 - 25,00	0,80	67,68	67,90	2,30	11,36	5,00	0,29	0,08	0,62	0,99	11,48
IK 23	563	25,00 - 26,20	1,20	35,61	50,97	1,68	31,01	6,00	0,39	0,09	0,33	0,86	9,19
IK 23	564	26,20 - 27,60	1,20	36,73	57,57	1,77	32,07	6,68	0,29	0,09	0,35	0,78	8,65
IK 26	665	12,80 - 13,25	0,55	60,83	58,38	0,89	22,93	5,63	0,26	0,08	0,12	0,86	9,69
IK 26	666	22,20 - 23,05	0,85	57,69	75,35	1,70	5,31	6,08	0,20	0,07	0,26	0,96	11,66
IK 26	667	23,05 - 26,25	1,20	52,56	75,16	1,83	6,90	3,26	0,16	0,11	0,67	0,93	11,69
IK 26	668	26,25 - 25,00	0,75	68,03	68,69	1,95	9,19	6,16	0,61	0,12	0,81	0,97	11,35
IK 26	669	25,00 - 25,25	0,25	51,38	73,67	1,98	9,25	2,91	0,23	0,07	0,31	0,83	11,39
IK 26	670	25,25 - 28,65	3,20	69,01	70,08	2,05	8,66	5,02	0,36	0,10	0,37	0,86	11,63
IK 26	671	28,65 - 29,55	1,19	28,57	60,86	1,33	63,32	5,26	0,51	0,16	0,17	0,70	7,21
IK 25	667	6,80 - 7,30	0,50	61,29	59,77	1,02	25,96	2,59	0,16	0,08	0,10	1,06	9,24
IK 25	668	19,60 - 20,70	1,30	69,68	70,75	2,10	8,20	6,30	0,25	0,12	0,36	1,29	12,29
IK 25	669	20,70 - 21,90	1,20	67,81	68,48	1,75	16,69	1,96	0,16	0,10	0,52	1,06	12,56
IK 25	650	21,90 - 23,15	1,25	65,25	65,70	2,10	16,67	6,98	0,16	0,12	0,60	0,83	11,35
IK 25	651	23,15 - 26,65	1,50	48,89	55,61	1,79	27,97	6,72	0,60	0,12	0,23	1,12	8,80

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13

## REPERTE DES ANALYSES

No. de Sondage/ Tran- ché	No. d' échant- illon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- sueur d'échan- tillon (m)	Fe tot.	Fe/01	P/05	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO MgO	MnO	P.D.F.	Fact. d'hy- dratation (000%)
DK 26	652	33,55 - 36,00	0,45	56,14	80,28	1,52	3,27	2,92	0,16	0,07	0,33	1,19	11,69
DK 26	653	36,00 - 35,95	1,95	69,71	71,09	1,28	11,50	3,40	0,26	0,09	0,62	1,11	10,76
DK 26	656	35,95 - 37,20	1,25	53,76	76,38	2,20	3,35	3,12	0,18	0,09	0,63	1,06	11,91
DK 26	655	37,20 - 37,95	0,75	61,58	59,31	1,57	25,89	3,62	0,23	0,08	0,66	0,97	8,36
DK 27	661	36,10 - 36,70	0,60	56,05	80,15	1,66	2,80	1,90	0,13	0,12	0,60	0,96	11,55
DK 28	370	22,31 - 26,37	2,06	56,70	76,72	1,61	2,98	2,90	0,16	0,11	0,31	0,70	12,03
DK 28	371	26,37 - 25,90	1,53	51,15	73,16	1,59	11,12	2,18	0,13	0,08	0,26	0,70	11,29
DK 28	372	25,90 - 27,10	1,20	50,63	72,60	1,61	11,92	1,92	0,13	0,11	0,25	0,86	13,16
DK 32	656	6,10 - 7,60	1,50	61,76	59,11	0,83	26,73	6,91	0,29	0,06	0,32	0,96	11,76
DK 32	657	18,60 - 19,90	1,50	56,88	78,68	2,05	3,26	3,13	0,19	0,10	0,35	0,92	11,13
DK 32	658	20,60 - 20,60	0,20	52,93	75,69	2,17	5,67	3,72	0,29	0,08	0,62	0,99	11,38
DK 32	659	20,60 - 21,40	0,40	29,67	62,16	1,12	60,59	5,66	0,66	0,09	0,33	0,86	9,19
DK 32	660	21,30 - 23,60	2,30	62,17	60,31	1,90	18,86	5,93	0,35	0,09	0,35	0,28	8,65
DK 33	651	16,35 - 18,60	2,05	68,85	69,86	2,12	8,87	5,86	0,36	0,16	0,61	1,07	11,56
DK 33	652	18,60 - 20,50	2,10	63,70	62,68	2,06	16,57	6,38	0,31	0,15	0,36	0,75	11,10
DK 33	653	20,50 - 21,55	1,05	38,54	56,95	1,79	26,39	5,76	0,38	0,16	0,26	0,97	9,36
DK 36	654	21,16 - 21,70	0,56	55,32	78,82	1,27	3,10	3,66	0,13	0,09	0,28	0,72	12,65
DK 36	655	21,70 - 22,40	0,60	26,97	35,70	0,68	30,16	18,23	0,95	0,50	0,11	1,07	11,25

RESULTATS DES ANALYSES

No. de Sondage/ Tran- ché	No. d' échan- tillon	Section d'échantillon de - à (m)	L'épais- seur d'échan- tillon (m)	Fe-tot %	Fe2O3 %	P2O5 %	SiO2 %	Al2O3 %	TiO2 %	CaO + MgO %	MnO %	P.D.F. %	Eau d'hy- drat. de l'eau (5000)
DK 34	656	22,30 - 23,60	1,30	53,86	77,02	1,75	4,72	3,60	0,15	0,09	0,39	0,88	11,91
DK 34	657	23,60 - 26,50	2,90	51,33	73,61	2,29	5,57	5,68	0,38	0,12	0,36	0,56	12,23
DK 34	658	26,50 - 28,75	2,25	66,88	66,18	2,12	17,19	6,38	0,25	0,12	0,26	0,55	10,60
DK 35	646	23,10 - 23,70	0,60	55,01	78,67	1,81	3,62	2,89	0,21	0,08	0,32	1,62	11,25
DK 35	645	23,70 - 24,30	1,20	29,96	62,86	1,01	65,08	2,96	0,17	0,11	0,16	0,69	6,88
DK 35	646	24,30 - 25,20	0,30	53,61	76,66	2,13	5,03	2,75	0,17	0,06	0,16	1,35	11,98
DK 35	647	25,20 - 25,80	0,60	29,96	62,86	1,81	62,61	6,66	0,62	0,16	0,16	1,55	6,55
DK 35	648	25,80 - 27,60	1,80	50,81	72,66	2,36	6,82	6,87	0,62	0,09	0,30	1,63	11,36
DK 35	649	27,60 - 29,20	1,60	68,63	69,26	2,51	8,18	6,80	0,62	0,16	0,26	1,20	11,83
DK 35	650	29,20 - 30,65	1,25	66,89	67,06	2,65	13,06	6,52	0,39	0,11	0,25	1,19	10,92
DK 36	526	7,55 - 11,25	3,70	39,80	56,91	0,73	40,36	3,80	0,16	0,08	0,13	0,75	8,35
DK 36	527	21,95 - 26,35	2,60	50,55	72,29	1,61	9,85	3,68	0,16	0,11	0,26	0,89	11,62
DK 36	528	26,35 - 25,55	1,20	30,72	63,93	1,13	62,36	3,79	0,25	0,13	0,29	0,70	7,66
DK 36	529	25,55 - 27,60	2,05	50,55	72,29	2,32	6,58	6,60	0,34	0,16	0,38	0,86	12,07
DK 37	659	26,75 - 25,50	0,75	50,81	72,66	1,36	9,53	3,65	0,21	0,08	0,28	1,73	10,78
DK 37	660	25,50 - 27,35	1,85	52,37	76,88	1,55	8,20	2,72	0,22	0,07	0,29	1,34	11,57
DK 37	661	27,35 - 27,95	0,60	67,91	68,51	1,69	15,75	2,20	0,16	0,08	0,33	0,79	10,98
DK 37	662	27,95 - 29,15	1,20	32,79	66,89	1,06	39,05	3,65	0,69	0,10	0,26	1,55	7,08
DK 37	663	29,15 - 30,15	1,00	68,80	69,79	1,99	8,51	5,81	0,57	0,09	0,32	2,18	10,75

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

RESULTATS DES ANALYSES

No. de Sondage / Tranchée	No. d'échantillon	Section d'échantillon (m)	L'épaisseur d'échantillon (m)	Fe-Total	Fe-03	Fe-05	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO		MgO	P. D. F.	Essai d'hydratation (000%)
										%	%			
DK 37	664	30,15 - 31,20	1,55	50,98	72,91	2,52	5,61	5,22	0,32	0,07	0,26	1,98	11,11	
DK 37	665	31,20 - 32,60	0,70	66,23	63,25	2,07	17,62	6,90	0,38	0,12	0,26	1,68	10,07	
DK 38	747	15,10 - 16,55	1,65	51,12	73,11	2,06	8,51	2,95	0,23	0,06	0,23	1,06	11,77	
DK 38	748	16,55 - 17,80	1,25	51,12	73,11	2,30	7,05	4,18	0,26	0,06	0,31	0,78	12,24	
DK 38	749	17,80 - 18,50	0,70	63,58	62,32	1,98	20,56	3,26	0,26	0,07	0,21	1,15	9,96	
DK 38	750	18,50 - 18,90	0,40	13,83	19,77	0,66	60,96	9,39	2,10	0,08	0,05	2,17	6,55	
DK 38	751	18,90 - 21,00	2,10	65,68	65,32	2,34	12,63	5,71	0,62	0,08	0,36	0,99	11,58	
DK 38	752	21,00 - 21,65	0,65	36,88	52,73	1,88	27,28	6,69	0,67	0,11	0,31	1,26	9,55	
DK 39	708	18,00 - 18,30	0,30	66,79	66,91	1,62	13,10	5,35	0,62	0,10	0,16	1,67	11,30	
DK 39	709	18,30 - 19,20	0,90	53,50	76,50	1,75	5,90	2,39	0,17	0,06	0,18	1,59	11,57	
DK 39	710	19,20 - 19,80	0,60	63,02	61,52	1,71	26,11	2,16	0,23	0,06	0,16	1,08	9,50	
DK 39	711	19,80 - 22,05	2,25	18,58	26,57	0,68	61,66	3,61	0,39	0,10	0,17	0,58	6,68	
DK 39	712	22,05 - 22,55	0,50	66,28	63,32	1,97	11,09	7,32	0,66	0,11	0,27	1,72	11,03	
DK 39	713	22,55 - 23,65	0,90	51,12	73,11	2,65	5,53	5,30	0,35	0,09	0,28	1,05	12,26	
DK 39	714	23,65 - 26,25	0,80	62,88	61,32	2,19	19,30	5,07	0,66	0,09	0,27	1,20	10,60	
DK 60	715	20,60 - 22,20	1,80	52,56	75,16	1,66	5,71	3,90	0,21	0,12	0,27	0,98	12,21	
DK 60	716	22,20 - 23,65	1,25	61,66	59,55	1,51	26,81	3,62	0,29	0,13	0,26	0,66	9,56	
DK 60	717	23,65 - 25,80	1,35	20,68	29,57	0,73	56,71	6,24	0,95	0,19	0,12	0,53	6,19	
DK 60	718	25,80 - 25,90	1,10	69,05	70,16	2,39	8,00	5,96	0,35	0,13	0,55	0,68	12,09	
DK 60	719	25,90 - 26,30	0,60	65,20	65,16	2,28	15,16	5,17	0,31	0,13	0,66	0,61	11,05	

12, 12, 5

Annex B 2.27

Category	Value						
1905	2	9.57	5.67	0.33	0.11	0.25	1.36
1905	1.18	11.67	5.26	0.27	0.09	0.18	1.19
1905	1.59	7.56	3.31	0.17	0.08	0.19	1.03
1905	0.75	67.66	6.75	1.15	0.17	0.16	0.83
1905	2.22	13.96	5.15	0.53	0.17	0.16	0.88
1905	1.76	5.07	3.66	0.15	0.10	0.37	2.15
1905	0.51	67.55	12.52	2.09	0.16	0.28	1.58
1905	2.05	12.61	5.21	0.61	0.09	0.65	1.87
1905	2.08	6.29	3.60	0.38	0.11	0.56	1.68
1905	2.03	9.37	3.76	0.77	0.08	0.32	1.80
1905	1.10	52.59	6.63	0.67	0.10	0.19	1.23
1905	1.93	16.37	3.57	0.58	0.11	0.63	1.66
1905	1.98	10.29	6.26	0.76	0.10	0.30	1.26
1905	1.76	13.16	6.63	0.33	0.08	0.36	1.83
1905	0.98	52.77	6.87	0.56	0.17	0.18	1.53
1905	1.95	12.91	6.85	0.68	0.11	0.67	1.54
1905	2.00	9.67	6.76	0.62	0.11	0.37	2.00
1905	2.10	10.95	5.11	0.63	0.12	0.29	1.93

Unit of 1000  
(\$000)  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

1000  
%

No. de Sordaje/Section	No. de Tramo/Tranche	Longitud (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Observaciones
1K 61	762	22,60 - 22,85	0,55	70,66	
1K 61	763	22,85 - 23,25	0,90	68,06	
1K 61	766	23,25 - 25,25	1,50	73,86	
1K 61	765	25,25 - 27,05	1,80	36,63	
1K 61	766	27,05 - 28,65	1,60	65,65	
1K 62	765	22,30 - 25,20	2,90	75,08	
1K 62	766	25,20 - 26,90	1,20	31,08	
1K 62	767	26,90 - 28,95	2,05	66,66	
1K 63	768	20,75 - 22,60	1,65	75,26	
1K 63	769	22,60 - 23,55	1,15	70,71	
1K 63	770	23,55 - 23,95	0,60	36,03	
1K 63	771	23,95 - 25,15	1,20	66,88	
1K 63	772	25,15 - 26,50	1,35	70,29	
1K 64	760	20,90 - 23,05	2,15	66,91	
1K 64	761	23,05 - 23,35	0,30	32,76	
1K 64	762	23,35 - 23,65	0,30	67,01	
1K 64	763	23,65 - 25,15	1,50	69,91	
1K 64	764	25,15 - 27,60	2,65	67,51	

Fe-04

Fe-04

1,7 gpts =  
d'acero =  
11100

Section  
de - a  
11100

11100

chse

P. 95	5107	AL701	T107	G20	M00	P. D. F.	P. D. F.	Eq. of 100 parts (500°)
2.03	3.36	2.58	0.15	0.09	0.62	1.81	1.78	7
1.77	28.69	1.83	0.15	0.12	0.78	1.78	1.78	7
0.93	65.95	6.58	0.19	0.18	0.73	1.31	6.95	6.95
1.89	13.15	5.13	0.66	0.16	0.69	1.77	10.69	10.69
2.37	5.57	6.19	0.61	0.11	0.39	1.92	11.11	11.11
2.62	6.29	5.51	0.35	0.10	0.63	1.87	11.95	11.95
2.15	9.72	3.39	0.23	0.11	0.37	2.06	10.69	10.69
2.15	3.88	3.15	0.26	0.07	0.69	0.86	12.86	12.86
1.06	60.70	6.15	0.61	0.22	0.50	0.83	8.16	8.16
2.30	8.02	5.61	0.65	0.11	0.39	1.68	11.60	11.60
2.23	10.63	5.63	0.30	0.11	0.61	0.89	11.95	11.95
1.62	13.90	7.69	0.77	0.12	0.31	1.16	9.23	9.23
2.07	7.27	6.59	0.27	0.07	0.31	1.26	11.96	11.96
1.06	69.26	5.25	0.39	0.09	0.19	1.67	6.30	6.30
1.16	21.36	6.86	0.66	0.08	0.36	2.16	8.38	8.38
2.26	8.12	5.10	0.66	0.07	0.66	2.50	10.28	10.28
2.63	5.86	5.91	0.30	0.07	0.69	2.76	10.73	10.73
2.21	11.90	6.77	0.32	0.12	0.58	3.02	9.90	9.90
1.62	38.02	5.91	0.50	0.16	0.38	2.05	7.08	7.08

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17.

| No. de<br>Sociedade/ |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 18 67                | 18 67                | 18 67                | 18 67                | 18 67                | 18 67                |
| 788                  | 788                  | 788                  | 788                  | 788                  | 788                  |
| 25,60 - 26,80        | 25,60 - 26,80        | 25,60 - 26,80        | 25,60 - 26,80        | 25,60 - 26,80        | 25,60 - 26,80        |
| 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 |
| 30,66                | 30,66                | 30,66                | 30,66                | 30,66                | 30,66                |
| 66,86                | 66,86                | 66,86                | 66,86                | 66,86                | 66,86                |
| 45,36                | 45,36                | 45,36                | 45,36                | 45,36                | 45,36                |
| 11,21                | 11,21                | 11,21                | 11,21                | 11,21                | 11,21                |
| 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 |
| 25,50 - 26,70        | 25,50 - 26,70        | 25,50 - 26,70        | 25,50 - 26,70        | 25,50 - 26,70        | 25,50 - 26,70        |
| 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 | 1,20                 |
| 781                  | 781                  | 781                  | 781                  | 781                  | 781                  |
| 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                |
| 780                  | 780                  | 780                  | 780                  | 780                  | 780                  |
| 23,30 - 25,50        | 23,30 - 25,50        | 23,30 - 25,50        | 23,30 - 25,50        | 23,30 - 25,50        | 23,30 - 25,50        |
| 2,20                 | 2,20                 | 2,20                 | 2,20                 | 2,20                 | 2,20                 |
| 67,69                | 67,69                | 67,69                | 67,69                | 67,69                | 67,69                |
| 67,91                | 67,91                | 67,91                | 67,91                | 67,91                | 67,91                |
| 70,31                | 70,31                | 70,31                | 70,31                | 70,31                | 70,31                |
| 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 |
| 19,17                | 19,17                | 19,17                | 19,17                | 19,17                | 19,17                |
| 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                |
| 779                  | 779                  | 779                  | 779                  | 779                  | 779                  |
| 21,60 - 23,30        | 21,60 - 23,30        | 21,60 - 23,30        | 21,60 - 23,30        | 21,60 - 23,30        | 21,60 - 23,30        |
| 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 | 1,90                 |
| 778                  | 778                  | 778                  | 778                  | 778                  | 778                  |
| 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                |
| 778                  | 778                  | 778                  | 778                  | 778                  | 778                  |
| 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        |
| 0,80                 | 0,80                 | 0,80                 | 0,80                 | 0,80                 | 0,80                 |
| 31,15                | 31,15                | 31,15                | 31,15                | 31,15                | 31,15                |
| 66,56                | 66,56                | 66,56                | 66,56                | 66,56                | 66,56                |
| 75,70                | 75,70                | 75,70                | 75,70                | 75,70                | 75,70                |
| 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 |
| 52,96                | 52,96                | 52,96                | 52,96                | 52,96                | 52,96                |
| 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                | 18 66                |
| 777                  | 777                  | 777                  | 777                  | 777                  | 777                  |
| 17,15 - 20,60        | 17,15 - 20,60        | 17,15 - 20,60        | 17,15 - 20,60        | 17,15 - 20,60        | 17,15 - 20,60        |
| 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 | 3,65                 |
| 759                  | 759                  | 759                  | 759                  | 759                  | 759                  |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 758                  | 758                  | 758                  | 758                  | 758                  | 758                  |
| 22,55 - 24,05        | 22,55 - 24,05        | 22,55 - 24,05        | 22,55 - 24,05        | 22,55 - 24,05        | 22,55 - 24,05        |
| 1,50                 | 1,50                 | 1,50                 | 1,50                 | 1,50                 | 1,50                 |
| 50,20                | 50,20                | 50,20                | 50,20                | 50,20                | 50,20                |
| 71,79                | 71,79                | 71,79                | 71,79                | 71,79                | 71,79                |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 757                  | 757                  | 757                  | 757                  | 757                  | 757                  |
| 21,60 - 22,55        | 21,60 - 22,55        | 21,60 - 22,55        | 21,60 - 22,55        | 21,60 - 22,55        | 21,60 - 22,55        |
| 1,15                 | 1,15                 | 1,15                 | 1,15                 | 1,15                 | 1,15                 |
| 51,28                | 51,28                | 51,28                | 51,28                | 51,28                | 51,28                |
| 73,33                | 73,33                | 73,33                | 73,33                | 73,33                | 73,33                |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 756                  | 756                  | 756                  | 756                  | 756                  | 756                  |
| 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        | 20,60 - 21,60        |
| 1,00                 | 1,00                 | 1,00                 | 1,00                 | 1,00                 | 1,00                 |
| 66,62                | 66,62                | 66,62                | 66,62                | 66,62                | 66,62                |
| 66,37                | 66,37                | 66,37                | 66,37                | 66,37                | 66,37                |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 755                  | 755                  | 755                  | 755                  | 755                  | 755                  |
| 20,00 - 20,60        | 20,00 - 20,60        | 20,00 - 20,60        | 20,00 - 20,60        | 20,00 - 20,60        | 20,00 - 20,60        |
| 0,60                 | 0,60                 | 0,60                 | 0,60                 | 0,60                 | 0,60                 |
| 27,06                | 27,06                | 27,06                | 27,06                | 27,06                | 27,06                |
| 39,70                | 39,70                | 39,70                | 39,70                | 39,70                | 39,70                |
| 57,11                | 57,11                | 57,11                | 57,11                | 57,11                | 57,11                |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 754                  | 754                  | 754                  | 754                  | 754                  | 754                  |
| 19,70 - 20,00        | 19,70 - 20,00        | 19,70 - 20,00        | 19,70 - 20,00        | 19,70 - 20,00        | 19,70 - 20,00        |
| 0,30                 | 0,30                 | 0,30                 | 0,30                 | 0,30                 | 0,30                 |
| 39,96                | 39,96                | 39,96                | 39,96                | 39,96                | 39,96                |
| 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                |
| 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                | 18 65                |
| 753                  | 753                  | 753                  | 753                  | 753                  | 753                  |
| 17,60 - 19,70        | 17,60 - 19,70        | 17,60 - 19,70        | 17,60 - 19,70        | 17,60 - 19,70        | 17,60 - 19,70        |
| 2,30                 | 2,30                 | 2,30                 | 2,30                 | 2,30                 | 2,30                 |
| 53,99                | 53,99                | 53,99                | 53,99                | 53,99                | 53,99                |
| 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                | 77,20                |
| 2                    | 2                    | 2                    | 2                    | 2                    | 2                    |

No. de Sociedade/ (m)  
 No. de Sociedade/ (m)

| P.05 | 5107  | At 0.5 | 1107 | 630  | 1400 | P.D.F. | Est. d'hy<br>dilatation<br>(5000) |
|------|-------|--------|------|------|------|--------|-----------------------------------|
| 2.20 | 9.82  | 5.55   | 0.74 | 0.08 | 0.61 | 16.91  | 11.71                             |
| 2.05 | 5.66  | 3.13   | 0.25 | 0.07 | 0.66 | 1.00   | 11.86                             |
| 1.61 | 25.32 | 6.00   | 0.27 | 0.07 | 0.33 | 2.39   | 8.86                              |
| 2.12 | 9.95  | 6.52   | 0.23 | 0.08 | 0.36 | 2.22   | 10.76                             |
| 2.23 | 6.63  | 6.65   | 0.60 | 0.08 | 0.51 | 2.71   | 10.65                             |
| 1.52 | 18.69 | 6.55   | 0.51 | 0.09 | 0.60 | 2.28   | 9.35                              |
| 1.25 | 5.24  | 3.99   | 0.26 | 0.08 | 0.26 | 2.86   | 11.01                             |
| 2.13 | 16.63 | 5.31   | 0.31 | 0.10 | 0.62 | 1.08   | 11.29                             |
| 1.98 | 11.71 | 5.26   | 0.08 | 0.08 | 0.31 | 1.13   | 11.16                             |
| 1.90 | 5.93  | 3.91   | 0.18 | 0.08 | 0.32 | 1.08   | 12.10                             |
| 1.02 | 28.79 | 3.28   | 0.15 | 0.06 | 0.21 | 1.05   | 8.98                              |
| 1.29 | 62.63 | 6.05   | 0.32 | 0.12 | 0.18 | 1.89   | 6.65                              |
| 1.68 | 29.53 | 5.06   | 0.62 | 0.11 | 0.38 | 2.15   | 8.26                              |
| 2.16 | 10.56 | 5.22   | 0.08 | 0.11 | 0.61 | 1.53   | 11.32                             |
| 1.26 | 20.20 | 5.10   | 0.68 | 0.11 | 0.36 | 1.66   | 9.90                              |
| 2.63 | 5.60  | 3.68   | 0.12 | 0.08 | 0.20 | 1.89   | 11.55                             |
| 2.00 | 21.26 | 5.16   | 0.63 | 0.19 | 0.52 | 1.36   | 9.83                              |
| 2.30 | 9.82  | 5.19   | 0.62 | 0.16 | 0.60 | 1.66   | 11.03                             |
| 1.25 | 21.09 | 5.06   | 0.52 | 0.22 | 0.62 | 1.39   | 9.62                              |
| 2.39 | 5.03  | 3.63   | 0.19 | 0.12 | 0.33 | 1.26   | 11.96                             |
| 2    | 2     | 2      | 2    | 2    | 2    | 2      | 2                                 |

1107  
630  
1400  
P.D.F.

| Porcentaje | Sección | Sección       | Sección | Sección | Sección |
|------------|---------|---------------|---------|---------|---------|
| 7          | 17,56   | 17,35         | 17,35   | 17,35   | 17,35   |
| 58,15      | 60,66   | 60,66         | 60,66   | 60,66   | 60,66   |
| 68,56      | 67,93   | 67,93         | 67,93   | 67,93   | 67,93   |
| 59,15      | 61,06   | 61,10         | 61,10   | 61,10   | 61,10   |
| 76,50      | 52,10   | 52,20         | 52,20   | 52,20   | 52,20   |
| 60,56      | 62,35   | 62,35         | 62,35   | 62,35   | 62,35   |
| 66,98      | 66,86   | 66,86         | 66,86   | 66,86   | 66,86   |
| 51,16      | 35,76   | 35,76         | 35,76   | 35,76   | 35,76   |
| 61,51      | 29,03   | 29,03         | 29,03   | 29,03   | 29,03   |
| 18,50      | 796     | 18,65 - 20,85 | 18,65   | 20,85   | 20,85   |
| 18,69      | 796     | 20,85 - 21,20 | 20,85   | 21,20   | 21,20   |
| 18,69      | 796     | 21,20 - 26,10 | 21,20   | 26,10   | 26,10   |
| 18,69      | 797     | 26,10 - 25,00 | 26,10   | 25,00   | 25,00   |
| 18,69      | 798     | 25,00 - 25,55 | 25,00   | 25,55   | 25,55   |
| 18,50      | 672     | 9,95 - 10,60  | 9,95    | 10,60   | 10,60   |
| 18,50      | 673     | 20,65 - 22,90 | 20,65   | 22,90   | 22,90   |
| 18,50      | 676     | 22,90 - 23,20 | 22,90   | 23,20   | 23,20   |
| 18,50      | 675     | 23,20 - 26,80 | 23,20   | 26,80   | 26,80   |
| 18,51      | 789     | 20,50 - 21,60 | 20,50   | 21,60   | 21,60   |
| 18,51      | 790     | 21,60 - 21,95 | 21,60   | 21,95   | 21,95   |
| 18,51      | 791     | 21,95 - 23,15 | 21,95   | 23,15   | 23,15   |
| 18,51      | 792     | 23,15 - 26,20 | 23,15   | 26,20   | 26,20   |
| 18,51      | 793     | 26,20 - 26,80 | 26,20   | 26,80   | 26,80   |
| 18,52      | 676     | 22,90 - 26,15 | 22,90   | 26,15   | 26,15   |
| 18,52      | 677     | 26,15 - 26,80 | 26,15   | 26,80   | 26,80   |
| 69,89      | 68,80   | 68,80         | 68,80   | 68,80   | 68,80   |
| 56,10      | 39,23   | 39,23         | 39,23   | 39,23   | 39,23   |
| 76,69      | 53,69   | 53,69         | 53,69   | 53,69   | 53,69   |
| 69,89      | 68,86   | 68,86         | 68,86   | 68,86   | 68,86   |
| 76,17      | 51,86   | 51,86         | 51,86   | 51,86   | 51,86   |
| 62,89      | 63,97   | 63,97         | 63,97   | 63,97   | 63,97   |
| 70,67      | 69,62   | 69,62         | 69,62   | 69,62   | 69,62   |
| 69,07      | 68,80   | 68,80         | 68,80   | 68,80   | 68,80   |
| 69,89      | 68,86   | 68,86         | 68,86   | 68,86   | 68,86   |
| 69,89      | 68,80   | 68,80         | 68,80   | 68,80   | 68,80   |

| No. de sondage/<br>Tranchée | No. d'échantillon | Section d'échantillon de - à<br>(m) | L'épaisseur d'échantillon<br>(m) | Fe-tot.<br>% | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| DK 53                       | 681               | 20,10 - 21,95                       | 1,85                             | 50,18        | 71,75                               |
| DK 53                       | 682               | 21,95 - 22,85                       | 0,90                             | 51,73        | 73,97                               |
| DK 53                       | 683               | 22,85 - 23,15                       | 0,30                             | 39,46        | 56,43                               |
| DK 53                       | 684               | 23,15 - 25,60                       | 2,45                             | 48,98        | 70,04                               |
| DK 53                       | 685               | 25,60 - 26,80                       | 1,20                             | 37,35        | 53,41                               |
| DK 54                       | 696               | 19,20 - 21,65                       | 2,45                             | 51,79        | 74,07                               |
| DK 54                       | 697               | 21,65 - 22,55                       | 0,90                             | 33,92        | 48,51                               |
| DK 54                       | 698               | 22,55 - 24,65                       | 2,10                             | 50,26        | 71,87                               |
| DK 54                       | 699               | 24,65 - 25,85                       | 1,20                             | 49,56        | 70,87                               |
| DK 54                       | 700               | 25,85 - 27,10                       | 1,25                             | 36,71        | 52,50                               |
| DK 55                       | 671               | 19,90 - 21,10                       | 1,20                             | 50,84        | 72,71                               |
| DK 55                       | 672               | 21,10 - 22,25                       | 1,15                             | 50,01        | 71,51                               |
| DK 55                       | 673               | 22,25 - 23,15                       | 0,90                             | 44,84        | 64,12                               |
| DK 55                       | 674               | 23,15 - 24,90                       | 1,75                             | 49,31        | 70,51                               |
| DK 55                       | 675               | 24,90 - 26,50                       | 1,50                             | 52,38        | 74,90                               |
| DK 55                       | 676               | 26,50 - 27,20                       | 0,70                             | 45,96        | 65,72                               |
| DK 56                       | 461               | 10,00 - 10,45                       | 0,45                             | 37,84        | 54,12                               |
| DK 56                       | 462               | 23,30 - 25,70                       | 2,40                             | 53,76        | 76,88                               |
| DK 56                       | 463               | 26,90 - 27,75                       | 0,85                             | 47,48        | 67,90                               |
| DK 56                       | 464               | 27,75 - 28,45                       | 0,70                             | 44,55        | 63,70                               |



RESULTATS DES ANALYSES

| No. de<br>Sondage/<br>Tranche | No. d'<br>échantillon | Section<br>d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épais-<br>seur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot.<br>% | Fe2O3<br>% | P2O5<br>% | SiO2<br>% | Al2O3<br>% | TiO2<br>% | CaO<br>MgO<br>% | MnO<br>% | P.D.F. |   | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |   |
|-------------------------------|-----------------------|---|---|--------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|----------|--------|---|----------------------------------|---|
|                               |                       |   |   |              |            |           |           |            |           |                 |          | %      | % | %                                | % |
| DK 57                         | 701                   | 20,30 - 21,95                             | 1,65  | 52,73        | 75,41      | 1,58      | 6,92      | 3,66       | 0,23      | 0,16            | 0,32     | 2,57   |   | 11,42                            |   |
| DK 57                         | 702                   | 21,95 - 22,55                             | 0,60  | 49,64        | 70,99      | 1,85      | 8,88      | 4,16       | 0,29      | 0,10            | 0,26     | 2,24   |   | 11,17                            |   |
| DK 57                         | 703                   | 22,55 - 23,75                             | 1,20  | 31,27        | 64,72      | 1,20      | 40,56     | 4,18       | 0,58      | 0,11            | 0,21     | 1,68   |   | 6,86                             |   |
| DK 57                         | 704                   | 23,75 - 24,35                             | 0,60  | 65,36        | 66,87      | 1,82      | 15,89     | 4,29       | 0,58      | 0,11            | 0,31     | 1,95   |   | 9,64                             |   |
| DK 57                         | 705                   | 24,35 - 25,60                             | 1,05  | 41,51        | 59,36      | 1,70      | 18,25     | 6,92       | 0,95      | 0,11            | 0,28     | 2,38   |   | 9,68                             |   |
| DK 57                         | 706                   | 25,60 - 26,80                             | 1,40  | 47,54        | 67,98      | 2,20      | 10,39     | 5,37       | 0,63      | 0,11            | 0,36     | 2,42   |   | 10,59                            |   |
| DK 57                         | 707                   | 26,80 - 27,30                             | 0,50  | 35,97        | 51,44      | 1,66      | 30,60     | 4,74       | 0,38      | 0,13            | 0,61     | 1,91   |   | 8,29                             |   |
| DK 58                         | 727                   | 19,60 - 19,90                             | 0,30  | 38,82        | 55,31      | 0,75      | 29,13     | 4,55       | 0,23      | Tr.             | 0,07     | 0,79   |   | 8,66                             |   |
| DK 58                         | 728                   | 19,90 - 20,50                             | 0,60  | 69,75        | 71,14      | 1,52      | 9,18      | 4,34       | 0,13      | 0,12            | 0,14     | 1,06   |   | 11,92                            |   |
| DK 58                         | 729                   | 20,50 - 21,65                             | 1,15  | 43,10        | 61,63      | 0,71      | 19,39     | 5,12       | 0,18      | 0,02            | 0,17     | 1,01   |   | 11,02                            |   |
| DK 58                         | 730                   | 21,65 - 22,85                             | 1,20  | 41,19        | 58,90      | 1,14      | 26,28     | 3,61       | 0,10      | 0,11            | 0,28     | 1,59   |   | 9,54                             |   |
| DK 58                         | 731                   | 22,85 - 23,65                             | 0,60  | 29,05        | 61,54      | 1,34      | 43,28     | 3,58       | 0,37      | Tr.             | 0,18     | 1,63   |   | 7,21                             |   |
| DK 58                         | 732                   | 23,65 - 24,35                             | 0,90  | 39,57        | 56,59      | 1,88      | 20,04     | 8,03       | 0,33      | 0,08            | 0,22     | 2,83   |   | 8,88                             |   |
| DK 58                         | 733                   | 24,35 - 26,20                             | 1,85  | 47,88        | 68,47      | 2,63      | 8,14      | 6,67       | 0,38      | 0,06            | 0,21     | 1,92   |   | 11,13                            |   |
| DK 58                         | 734                   | 26,20 - 26,50                             | 0,30  | 41,94        | 59,98      | 2,60      | 17,56     | 6,68       | 0,37      | Tr.             | 0,22     | 1,85   |   | 10,26                            |   |
| DK 59                         | 735                   | 23,20 - 26,30                             | 0,90  | 54,75        | 78,29      | 1,67      | 6,27      | 2,39       | 0,22      | 0,05            | 0,60     | 1,76   |   | 10,92                            |   |
| DK 59                         | 736                   | 24,10 - 25,60                             | 1,50  | 52,92        | 75,68      | 1,74      | 6,21      | 2,80       | 0,15      | 0,10            | 0,31     | 2,35   |   | 10,55                            |   |
| DK 59                         | 737                   | 25,60 - 26,50                             | 0,90  | 40,67        | 58,15      | 1,52      | 28,11     | 1,77       | 0,17      | 0,09            | 0,24     | 1,24   |   | 8,68                             |   |
| DK 59                         | 738                   | 26,50 - 27,30                             | 0,70  | 69,97        | 71,66      | 1,98      | 11,55     | 2,01       | 0,13      | 0,09            | 0,27     | 2,26   |   | 9,81                             |   |
| DK 59                         | 739                   | 27,20 - 28,20                             | 1,00  | 47,60        | 55,17      | 0,55      | 59,28     | 6,73       | 0,68      | 0,13            | 0,21     | 1,11   |   | 5,32                             |   |

RESULTATS

| No. de<br>Soulage/<br>Tran-<br>chée | No. d'<br>échan-<br>tillon | Section<br>d'échantillon<br>de - à<br><br>(m) | L'épais-<br>sieur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot.<br><br>% | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br><br>% |
|-------------------------------------|----------------------------|---|--|------------------|---|
| DK 59                               | 740                        | 28,20 - 30,15                                 | 1,95   | 50,26            | 71,87                                   |
| DK 59                               | 741                        | 30,15 - 31,55                                 | 1,40   | 64,11            | 63,09                                   |
| DK 60                               | 720                        | 27,50 - 29,80                                 | 2,30   | 51,91            | 74,23                                   |
| DK 60                               | 721                        | 29,80 - 31,90                                 | 2,10   | 50,20            | 71,78                                   |
| DK 60                               | 722                        | 31,90 - 32,55                                 | 0,65   | 23,31            | 33,34                                   |
| DK 60                               | 723                        | 32,55 - 32,75                                 | 0,20   | 26,33            | 37,66                                   |
| DK 60                               | 724                        | 32,75 - 35,00                                 | 2,25   | 48,18            | 68,90                                   |
| DK 60                               | 725                        | 35,00 - 35,65                                 | 0,65   | 65,01            | 64,37                                   |
| DK 60                               | 726                        | 35,65 - 35,95                                 | 0,30   | 34,29            | 49,03                                   |
| DK 63                               | 535                        | 8,95 - 10,95                                  | 2,00   | 52,09            | 74,49                                   |
| DK 63                               | 536                        | 10,95 - 12,15                                 | 1,20   | 69,44            | 70,69                                   |
| DK 63                               | 537                        | 12,15 - 13,40                                 | 1,25   | 40,50            | 57,91                                   |
| DK 63                               | 548                        | 13,40 - 15,05                                 | 1,65   | 47,90            | 68,50                                   |
| DK 63                               | 539                        | 15,05 - 15,80                                 | 0,75   | 36,59            | 52,32                                   |
| DK 64                               | 478                        | 13,15 - 13,70                                 | 0,55   | 53,07            | 75,88                                   |
| DK 64                               | 479                        | 13,70 - 14,40                                 | 0,70   | 51,67            | 73,89                                   |
| DK 64                               | 480                        | 14,45 - 15,20                                 | 0,75   | 24,30            | 36,75                                   |
| DK 64                               | 481                        | 15,20 - 16,30                                 | 1,10   | 36,73            | 52,52                                   |
| DK 64                               | 482                        | 16,30 - 16,75                                 | 0,45   | 45,96            | 65,70                                   |

## DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°C) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|-----------------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                 |
| 2,21                          | 7,86             | 4,74                           | 0,34             | 0,06            | 0,39 | 2,77   | 10,11                             |
| 1,90                          | 17,76            | 4,28                           | 0,27             | 0,06            | 0,32 | 1,68   | 9,12                              |
| 1,75                          | 6,46             | 3,57                           | 0,12             | 0,05            | 0,19 | 1,29   | 11,91                             |
| 1,85                          | 9,91             | 2,74                           | 0,05             | 0,04            | 0,21 | 1,14   | 11,80                             |
| 0,64                          | 60,15            | 1,00                           | 0,07             | Tr.             | 0,17 | 0,61   | 3,71                              |
| 1,07                          | 40,67            | 9,67                           | 0,99             | 0,05            | 0,15 | 1,63   | 7,87                              |
| 2,64                          | 8,19             | 5,94                           | 0,42             | Tr.             | 0,25 | 1,51   | 11,69                             |
| 2,67                          | 14,56            | 5,40                           | 0,30             | Tr.             | 0,19 | 1,23   | 11,07                             |
| 2,02                          | 31,18            | 6,65                           | 0,50             | Tr.             | 0,19 | 1,33   | 9,00                              |
| 1,46                          | 6,99             | 3,52                           | 0,20             | 0,08            | 0,13 | 0,81   | 11,53                             |
| 1,56                          | 12,45            | 3,30                           | 0,16             | 0,10            | 0,40 | 0,91   | 10,61                             |
| 1,29                          | 21,13            | 5,85                           | 0,76             | 0,12            | 0,63 | 1,03   | 10,19                             |
| 2,24                          | 10,17            | 5,28                           | 0,30             | 0,09            | 0,39 | 0,90   | 11,51                             |
| 1,63                          | 29,65            | 4,46                           | 0,49             | 0,11            | 0,57 | 0,82   | 9,06                              |
| 1,14                          | 6,08             | 3,36                           | 0,16             | 0,10            | 0,27 | 0,89   | 11,78                             |
| 1,12                          | 8,27             | 3,49                           | 0,19             | 0,11            | 0,12 | 0,87   | 11,61                             |
| 0,39                          | 48,10            | 6,88                           | 0,45             | 0,19            | 0,10 | 0,83   | 7,06                              |
| 1,21                          | 33,24            | 2,98                           | 0,14             | 0,11            | 0,66 | 0,78   | 8,18                              |
| 1,73                          | 14,96            | 4,23                           | 0,26             | 0,12            | 0,27 | 0,83   | 11,43                             |

| No. de Sondage/<br>Tranchée | No. d'échantillon | Section d'échantillon de - à<br>(m) | L'épaisseur d'échantillon<br>(m) | Fe-tot<br>% | P <sub>203</sub><br>% |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------|-----------------------|
| DK 65                       | 677               | 18,90 - 22,05                       | 3,15                             | 51,66       | 73,87                 |
| DK 65                       | 678               | 22,05 - 24,00                       | 1,95                             | 41,69       | 59,62                 |
| DK 65                       | 679               | 24,00 - 25,10                       | 1,10                             | 40,63       | 58,10                 |
| DK 65                       | 680               | 25,10 - 26,60                       | 1,50                             | 29,40       | 42,05                 |
| DK 66                       | 686               | 13,65 - 15,55                       | 1,90                             | 50,45       | 74,14                 |
| DK 66                       | 687               | 15,55 - 18,30                       | 2,75                             | 46,78       | 66,89                 |
| DK 66                       | 688               | 18,30 - 19,50                       | 1,20                             | 38,51       | 55,08                 |
| DK 66                       | 689               | 19,50 - 20,35                       | 0,85                             | 33,84       | 48,39                 |
| DK 67                       | 530               | 6,10 - 7,65                         | 1,55                             | 40,08       | 57,31                 |
| DK 67                       | 531               | 18,25 - 20,90                       | 2,65                             | 53,07       | 75,88                 |
| DK 67                       | 532               | 20,90 - 21,45                       | 0,55                             | 29,88       | 42,74                 |
| DK 67                       | 533               | 21,45 - 24,50                       | 3,05                             | 44,97       | 64,30                 |
| DK 67                       | 534               | 24,50 - 25,90                       | 1,40                             | 35,19       | 50,32                 |
| DK 68                       | 666               | 17,90 - 20,30                       | 2,40                             | 49,59       | 70,92                 |
| DK 68                       | 667               | 20,30 - 20,80                       | 0,50                             | 17,02       | 24,34                 |
| DK 68                       | 668               | 20,80 - 23,75                       | 2,95                             | 47,23       | 67,54                 |
| DK 68                       | 669               | 23,75 - 25,00                       | 1,25                             | 46,22       | 66,10                 |
| DK 68                       | 670               | 25,00 - 25,70                       | 0,70                             | 30,31       | 43,34                 |

## DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                |
| 2,06                          | 5,08             | 4,64                           | 0,13             | 0,05            | 0,14 | 1,04   | 12,53                            |
| 2,06                          | 15,07            | 9,20                           | 0,67             | 0,06            | 0,26 | 1,65   | 11,11                            |
| 2,13                          | 19,69            | 6,97                           | 0,27             | 0,05            | 0,20 | 1,03   | 10,94                            |
| 1,58                          | 40,00            | 6,63                           | 0,43             | 0,03            | 0,10 | 1,20   | 7,67                             |
| 1,67                          | 7,76             | 4,56                           | 0,15             | 0,06            | 0,15 | 1,31   | 11,73                            |
| 2,42                          | 8,63             | 7,60                           | 0,33             | 0,04            | 0,25 | 1,63   | 11,69                            |
| 1,97                          | 23,57            | 6,98                           | 0,26             | 0,04            | 0,22 | 0,81   | 10,65                            |
| 1,72                          | 30,87            | 7,24                           | 0,60             | 0,04            | 0,10 | 0,85   | 9,39                             |
| 0,97                          | 27,47            | 4,70                           | 0,21             | 0,08            | 0,17 | 1,08   | 9,11                             |
| 1,83                          | 5,36             | 3,71                           | 0,15             | 0,07            | 0,28 | 1,23   | 11,85                            |
| 1,05                          | 42,80            | 4,49                           | 0,46             | 0,12            | 0,18 | 0,94   | 6,94                             |
| 2,01                          | 14,37            | 6,28                           | 0,36             | 0,13            | 0,35 | 1,12   | 10,91                            |
| 1,39                          | 31,70            | 5,05                           | 0,38             | 0,11            | 0,28 | 0,96   | 8,55                             |
| 1,70                          | 8,50             | 5,01                           | 0,18             | 0,09            | 0,13 | 1,48   | 11,67                            |
| 0,76                          | 61,56            | 6,19                           | 0,37             | 0,02            | 0,06 | 1,68   | 4,63                             |
| 2,43                          | 8,94             | 6,81                           | 0,37             | 0,04            | 0,19 | 1,32   | 11,97                            |
| 2,44                          | 11,64            | 6,26                           | 0,28             | Tr.             | 0,16 | 0,96   | 11,88                            |
| 1,58                          | 49,24            | 6,27                           | 0,38             | Tr.             | 0,09 | 0,76   | 8,05                             |

DES ANALYSIS

| POS  | STO   | ALY  | TIO  | CaO  | MgO  | P.D.F. | Emol. of Inv. (5000) |
|------|-------|------|------|------|------|--------|----------------------|
| 1.67 | 9.10  | 3.52 | 0.10 | 0.10 | 0.15 | 0.86   | 11.68                |
| 1.86 | 11.65 | 3.66 | 0.08 | 0.05 | 0.12 | 0.99   | 11.88                |
| 1.64 | 30.88 | 5.99 | 0.63 | 0.16 | 0.13 | 1.18   | 8.22                 |
| 2.61 | 6.99  | 5.35 | 0.13 | 0.03 | 0.25 | 1.18   | 11.89                |
| 2.58 | 6.31  | 5.73 | 0.30 | 0.02 | 0.18 | 1.07   | 12.26                |
| 2.10 | 23.99 | 4.86 | 0.36 | Tr.  | 0.17 | 0.78   | 10.18                |
| 1.52 | 10.57 | 4.61 | 0.15 | 0.08 | 0.15 | 1.07   | 11.26                |
| 1.67 | 16.31 | 4.10 | 0.11 | 0.10 | 0.11 | 1.01   | 11.05                |
| 2.67 | 12.65 | 5.87 | 0.29 | 0.06 | 0.13 | 1.15   | 11.09                |
| 1.20 | 27.25 | 4.50 | 0.15 | 0.11 | 0.19 | 0.89   | 9.59                 |
| 2.63 | 4.73  | 5.90 | 0.28 | 0.06 | 0.16 | 1.17   | 12.33                |
| 2.36 | 7.86  | 6.23 | 0.67 | 0.17 | 0.18 | 1.09   | 11.50                |
| 1.63 | 23.59 | 4.66 | 0.38 | 0.16 | 0.18 | 1.15   | 9.77                 |

Appendix B 2.34

RESULTS

| No. de<br>Société/<br>Tran-<br>sac-<br>tion | No. d'<br>échan-<br>til-<br>lon | Section<br>de - 3<br>(m) | L'épais-<br>sueur<br>d'échan-<br>til-<br>lon<br>(m) | Re-tor-<br>% | Tron-<br>çage<br>% |
|---|---------------------------------|--------------------------|---|--------------|--------------------|
| OK 69                                       | 690                             | 17,75 - 19,30            | 1,55  | 50,70        | 72,50              |
| OK 69                                       | 691                             | 19,45 - 19,95            | 0,50  | 48,44        | 69,26              |
| OK 69                                       | 692                             | 19,95 - 20,60            | 0,65  | 35,60        | 50,90              |
| OK 69                                       | 693                             | 20,60 - 23,05            | 2,45  | 49,75        | 71,16              |
| OK 69                                       | 694                             | 23,05 - 25,00            | 1,95  | 49,65        | 70,99              |
| OK 69                                       | 695                             | 25,00 - 25,30            | 0,30  | 39,98        | 57,17              |
| OK 70                                       | 697                             | 17,60 - 18,50            | 1,10  | 49,14        | 70,77              |
| OK 70                                       | 698                             | 18,50 - 19,50            | 1,00  | 47,18        | 67,47              |
| OK 70                                       | 699                             | 19,50 - 20,30            | 0,80  | 45,87        | 65,59              |
| OK 70                                       | 700                             | 20,30 - 21,50            | 1,20  | 39,17        | 56,02              |
| OK 70                                       | 701                             | 21,50 - 23,05            | 1,55  | 50,25        | 71,86              |
| OK 70                                       | 702                             | 23,05 - 26,40            | 1,35  | 48,74        | 69,79              |
| OK 70                                       | 703                             | 24,60 - 25,25            | 0,85  | 40,80        | 58,46              |

| ST02 | ST01 | T102  | T101 | R80  | R80  | P.D.E. | Est. of 100-<br>dial 100<br>(5005) |
|------|------|-------|------|------|------|--------|------------------------------------|
| 1.67 | 1.67 | 2.67  | 2.85 | 0.18 | 0.18 | 2.62   | 2                                  |
| 1.83 | 1.83 | 4.16  | 0.12 | 11.  | 0.19 | 1.93   | 10.12                              |
| 1.30 | 1.30 | 5.12  | 0.20 | 11.  | 0.22 | 1.73   | 8.05                               |
| 2.32 | 2.32 | 7.83  | 0.32 | 0.06 | 0.22 | 1.96   | 11.01                              |
| 1.61 | 1.61 | 6.50  | 0.35 | 0.05 | 0.26 | 1.63   | 8.25                               |
| 1.28 | 1.28 | 19.66 | 0.13 | 0.12 | 0.23 | 1.63   | 10.06                              |
| 1.20 | 1.20 | 5.02  | 0.08 | 11.  | 0.11 | 1.26   | 9.22                               |
| 1.22 | 1.22 | 2.60  | 0.17 | 0.22 | 0.18 | 1.61   | 9.96                               |
| 1.06 | 1.06 | 5.63  | 0.12 | 0.10 | 0.16 | 1.51   | 8.35                               |
| 1.62 | 1.62 | 4.82  | 0.32 | 0.16 | 0.11 | 2.82   | 8.76                               |
| 1.21 | 1.21 | 25.50 | 0.12 | 0.12 | 0.16 | 1.28   | 9.05                               |
| 0.29 | 0.29 | 60.18 | 0.12 | 0.22 | 0.07 | 1.22   | 4.12                               |
| 1.66 | 1.66 | 17.23 | 0.50 | 0.02 | 0.26 | 1.75   | 10.60                              |
| 1.62 | 1.62 | 12.20 | 0.13 | 0.03 | 0.22 | 1.51   | 11.16                              |
| 1.52 | 1.52 | 16.33 | 0.22 | 0.04 | 0.12 | 1.55   | 10.68                              |
| 1.66 | 1.66 | 15.56 | 0.16 | 0.04 | 0.12 | 1.93   | 10.02                              |
| 1.11 | 1.11 | 25.21 | 0.15 | 0.04 | 0.13 | 2.03   | 10.12                              |

Annexe B 2.35

| No. de<br>Tram-<br>vía/No. de<br>Sección | No. de<br>Sección | Longitud<br>(m) | Longitud<br>(m) | Fe-<br>to-<br>to | Fe-<br>to-<br>to |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| K 1                                      | 603               | 3,75 - 6,50     | 1,05            | 37,16            | 53,16            |
| K 2                                      | 683               | 3,00 - 6,20     | 1,20            | 66,37            | 66,24            |
| K 2                                      | 684               | 6,20 - 5,60     | 1,20            | 35,85            | 51,26            |
| K 2                                      | 685               | 5,60 - 6,30     | 0,90            | 43,75            | 62,57            |
| K 2                                      | 686               | 6,30 - 7,50     | 1,20            | 31,67            | 45,00            |
| K 3                                      | 604               | 6,50 - 5,15     | 0,65            | 63,00            | 61,69            |
| K 3                                      | 605               | 5,15 - 5,75     | 0,60            | 61,69            | 59,33            |
| K 3                                      | 606               | 5,75 - 6,35     | 0,60            | 61,33            | 59,11            |
| K 3                                      | 607               | 6,35 - 6,75     | 0,60            | 36,30            | 51,91            |
| K 3                                      | 608               | 6,75 - 7,35     | 0,60            | 39,07            | 55,80            |
| K 6                                      | 709               | 3,95 - 6,95     | 1,0             | 60,08            | 57,33            |
| K 4                                      | 610               | 6,95 - 5,20     | 0,75            | 20,19            | 28,87            |
| K 5                                      | 687               | 3,35 - 6,85     | 1,50            | 63,50            | 62,21            |
| K 5                                      | 688               | 6,85 - 6,80     | 1,95            | 67,53            | 67,97            |
| K 6                                      | 559               | 3,65 - 5,55     | 2,10            | 66,11            | 66,22            |
| K 6                                      | 560               | 5,55 - 6,75     | 1,20            | 66,07            | 65,88            |
| K 6                                      | 561               | 6,75 - 8,55     | 1,80            | 36,97            | 55,23            |

Fe-  
to-  
to

2

2

66,24

51,26

62,57

45,00

61,69

59,33

59,11

51,91

55,80

57,33

28,87

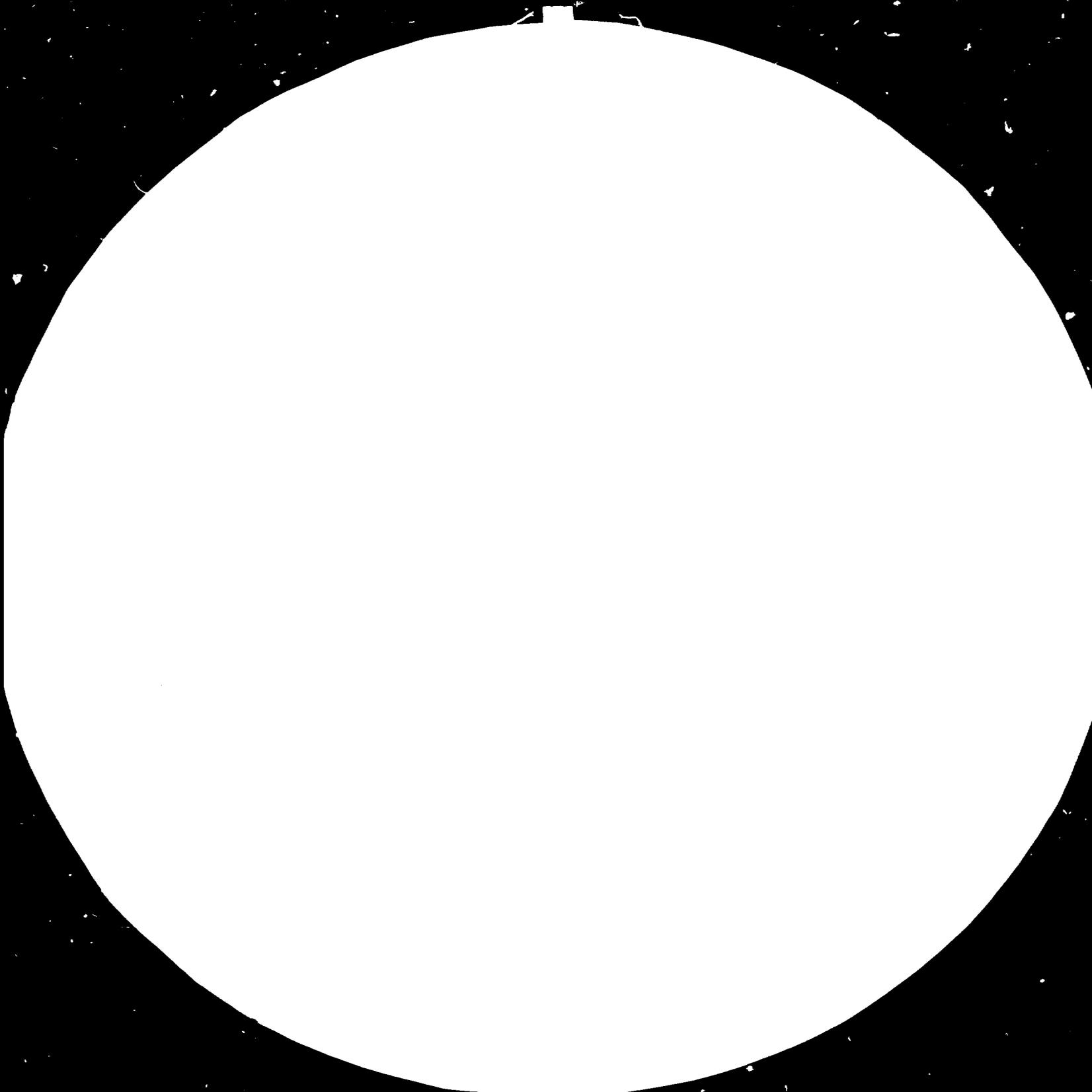
62,21

67,97

66,22

65,88

55,23

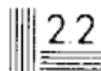




1.28



1.32



1.40



1.50



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

TANAPAH, BEKES DEPT. MATERIALS DIV.

APR 1963 - U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE

| No. de Soudage/<br>Tranchée | No. d'échantillon | Section d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épaisseur<br>d'échantillon<br>(m) | Fe-tot.<br>% |
|-----------------------------|-------------------|--|-------------------------------------|--------------|
| K 7                         | 520               | 3,10 - 4,60                            | 1,50                                | 45,82        |
| K 8                         | 545               | 1,80 - 4,00                            | 2,20                                | 49,04        |
| K 8                         | 546               | 4,00 - 6,00                            | 2,00                                | 42,50        |
| K 8                         | 547               | 6,00 - 6,90                            | 0,90                                | 30,00        |
| K 8                         | 548               | 6,90 - 7,60                            | 0,70                                | 43,00        |
| K 8                         | 549               | 7,60 - 8,80                            | 1,20                                | 27,44        |
| K 9                         | 550               | 2,20 - 3,70                            | 1,50                                | 46,88        |
| K 9                         | 551               | 3,70 - 4,30                            | 0,60                                | 16,01        |
| K 9                         | 552               | 4,30 - 6,30                            | 2,00                                | 41,19        |
| K 9                         | 553               | 6,30 - 7,60                            | 1,30                                | 28,60        |
| K 10                        | 554               | 2,60 - 4,00                            | 1,60                                | 43,91        |
| K 10                        | 555               | 4,00 - 5,30                            | 1,30                                | 46,93        |
| K 10                        | 556               | 5,30 - 6,40                            | 1,10                                | 21,29        |
| K 10                        | 557               | 6,40 - 7,90                            | 1,50                                | 43,60        |
| K 10                        | 558               | 7,90 - 9,20                            | 1,30                                | 32,02        |
| K 11                        | 521               | 2,70 - 4,00                            | 1,30                                | 66,37        |
| K 11                        | 522               | 4,00 - 5,50                            | 1,50                                | 42,36        |
| K 11                        | 523               | 5,50 - 6,10                            | 0,60                                | 11,31        |

RESULTATS DES ANALYSES

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------------|
| %                              | %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                |
| 65,52                          | 1,29                          | 16,85            | 3,77                           | 0,12             | 0,02            | 0,27 | 1,51   | 10,23                            |
| 70,12                          | 1,69                          | 10,65            | 3,67                           | 0,10             | 0,07            | 0,21 | 1,63   | 11,17                            |
| 60,35                          | 1,63                          | 22,04            | 3,96                           | 0,90             | 0,04            | 0,26 | 1,60   | 9,94                             |
| 42,91                          | 0,70                          | 41,31            | 5,47                           | 0,47             | 0,09            | 0,27 | 1,64   | 6,23                             |
| 61,49                          | 2,94                          | 14,60            | 8,00                           | 0,48             | 0,08            | 0,28 | 1,60   | 11,46                            |
| 49,24                          | 1,52                          | 42,14            | 6,83                           | 0,50             | 0,05            | 0,23 | 1,06   | 8,18                             |
| 66,57                          | 1,76                          | 14,40            | 3,93                           | 0,11             | 0,03            | 0,13 | 1,13   | 10,98                            |
| 22,89                          | 0,57                          | 50,60            | 14,58                          | 1,03             | 0,13            | 0,06 | 1,50   | 7,70                             |
| 58,90                          | 2,31                          | 14,46            | 7,77                           | 0,40             | 0,13            | 0,19 | 1,52   | 10,72                            |
| 40,90                          | 1,63                          | 36,30            | 9,47                           | 0,73             | 0,11            | 0,15 | 2,52   | 7,66                             |
| 62,78                          | 1,81                          | 14,32            | 6,63                           | 0,30             | n.d.            | 0,11 | 1,48   | 11,10                            |
| 67,11                          | 1,89                          | 11,87            | 5,48                           | 0,17             | n.d.            | 0,13 | 1,48   | 11,34                            |
| 30,46                          | 0,91                          | 47,87            | 10,41                          | 0,63             | n.d.            | 0,10 | 1,36   | 7,62                             |
| 62,35                          | 2,41                          | 12,80            | 8,49                           | 0,33             | n.d.            | 0,12 | 1,85   | 11,54                            |
| 65,79                          | 1,76                          | 30,81            | 9,21                           | 0,57             | n.d.            | 0,12 | 2,02   | 9,06                             |
| 66,31                          | 1,68                          | 16,04            | 3,51                           | 0,10             | 0,02            | 0,26 | 1,64   | 10,30                            |
| 60,55                          | 1,75                          | 22,50            | 3,74                           | 0,12             | 0,02            | 0,25 | 1,63   | 9,24                             |
| 16,17                          | 0,41                          | 60,50            | 12,98                          | 1,00             | 0,15            | 0,04 | 3,20   | 4,71                             |

Annexe 3 2.35

| No. de Sondage/<br>Tranchée | No. d'échantillon | Section d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épais-<br>seur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-----------------------------|-------------------|--|---|---------|--------------------------------|
|                             |                   |  |   | %       | %                              |
| K 11                        | 524               | 6,10 - 7,30                            | 1,20  | 42,39   | 60,62                          |
| K 11                        | 525               | 7,30 - 9,15                            | 1,85  | 39,07   | 55,87                          |
| K 12                        | 562               | 4,58 - 5,10                            | 0,52  | 44,51   | 63,65                          |
| K 12                        | 563               | 5,10 - 5,65                            | 0,55  | 29,40   | 42,04                          |
| K 12                        | 564               | 5,65 - 7,50                            | 1,85  | 11,58   | 16,56                          |
| K 12                        | 565               | 7,50 - 8,90                            | 1,40  | 40,79   | 58,32                          |
| K 13                        | 584               | 9,70 - 10,30                           | 0,60  | 49,04   | 70,13                          |
| K 13                        | 585               | 10,30 - 11,85                          | 1,55  | 46,37   | 66,31                          |
| K 13                        | 586               | 11,85 - 12,45                          | 0,60  | 31,67   | 45,29                          |
| K 14                        | 587               | 2,78 - 3,90                            | 1,20  | 46,07   | 67,88                          |
| K 14                        | 588               | 3,90 - 5,00                            | 1,10  | 38,71   | 55,57                          |
| K 14                        | 589               | 5,00 - 6,15                            | 1,15  | 21,55   | 30,82                          |
| K 14                        | 590               | 6,15 - 7,60                            | 1,45  | 46,83   | 66,96                          |
| K 14                        | 591               | 7,60 - 8,50                            | 0,90  | 43,35   | 61,99                          |
| K 15                        | 580               | 1,90 - 4,60                            | 2,70  | 45,92   | 65,66                          |
| K 15                        | 581               | 4,60 - 5,00                            | 0,40  | 38,77   | 55,44                          |
| K 15                        | 582               | 5,00 - 6,15                            | 1,15  | 17,97   | 25,70                          |
| K 15                        | 583               | 6,15 - 8,50                            | 2,35  | 42,85   | 61,27                          |

S DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratée (50°C) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                          |
| 2,31                          | 13,50            | 8,90                           | 0,38             | 0,15            | 0,08 | 2,29   | 11,67                      |
| 2,16                          | 22,70            | 6,81                           | 0,33             | 0,12            | 0,18 | 1,38   | 10,37                      |
| 1,57                          | 18,44            | 3,06                           | 0,12             | n.d.            | 0,16 | 1,54   | 10,66                      |
| 1,25                          | 37,86            | 7,56                           | 0,31             | 0,02            | 0,07 | 1,76   | 8,12                       |
| 0,49                          | 62,68            | 11,03                          | 1,02             | 0,05            | 0,06 | 1,61   | 5,59                       |
| 2,25                          | 16,88            | 7,9%                           | 0,55             | Tr.             | 0,16 | 1,93   | 10,89                      |
| 1,80                          | 12,47            | 2,53                           | 0,07             | 0,06            | 0,30 | 0,95   | 10,98                      |
| 1,89                          | 16,68            | 2,98                           | 0,07             | 0,06            | 0,20 | 0,92   | 10,76                      |
| 1,22                          | 42,02            | 2,91                           | 0,13             | 0,02            | 0,20 | 0,86   | 7,28                       |
| 1,52                          | 17,81            | 3,02                           | 0,08             | 0,20            | 0,30 | 1,10   | 9,60                       |
| 1,59                          | 26,71            | 6,66                           | 0,17             | 0,05            | 0,10 | 0,87   | 9,68                       |
| 0,79                          | 65,96            | 10,33                          | 1,13             | 0,36            | 0,20 | 2,30   | 7,26                       |
| 2,65                          | 9,31             | 6,67                           | 0,33             | 0,06            | 0,20 | 1,50   | 11,71                      |
| 2,67                          | 16,46            | 7,21                           | 0,60             | 0,09            | 0,20 | 1,55   | 11,10                      |
| 1,79                          | 12,25            | 6,67                           | 0,21             | 0,09            | 0,20 | 2,22   | 10,87                      |
| 1,55                          | 26,02            | 5,09                           | 0,17             | 0,05            | 0,30 | 1,54   | 9,16                       |
| 0,78                          | 51,18            | 12,09                          | 0,79             | 0,19            | 0,20 | 1,56   | 6,98                       |
| 2,36                          | 15,89            | 7,53                           | 0,33             | 0,08            | 0,10 | 1,31   | 10,87                      |

Annexe B 2.37

| No. de Sondage/<br>Tranche | No. d'échantillon | Section d'échantillon de - à<br>(m) | L'épaisseur d'échantillon<br>(m) | Fe-tot. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------------|
|                            |                   |                                     |                                  | Z       | Z                              |
| K 16                       | 601               | 3,65 - 4,60                         | 0,95                             | 52,11   | 74,52                          |
| K 16                       | 602               | 4,60 - 6,25                         | 1,65                             | 45,26   | 64,73                          |
| K 16                       | 603               | 6,25 - 6,55                         | 0,30                             | 19,03   | 27,22                          |
| K 15                       | 604               | 6,55 - 8,20                         | 1,65                             | 45,97   | 65,74                          |
| K 16                       | 605               | 8,20 - 9,60                         | 1,20                             | 39,88   | 57,02                          |
| K 17                       | 606               | 2,40 - 4,90                         | 2,50                             | 49,85   | 71,28                          |
| K 17                       | 607               | 4,90 - 5,75                         | 0,85                             | 35,95   | 51,41                          |
| K 17                       | 608               | 5,75 - 6,90                         | 1,15                             | 12,78   | 18,29                          |
| K 17                       | 609               | 6,90 - 8,25                         | 1,35                             | 46,83   | 66,96                          |
| K 17                       | 610               | 8,25 - 9,13                         | 0,88                             | 42,70   | 61,06                          |
| K 18                       | 633               | 5,50 - 6,60                         | 0,90                             | 46,37   | 66,31                          |
| K 18                       | 634               | 6,60 - 7,60                         | 1,00                             | 23,66   | 33,55                          |
| K 18                       | 635               | 8,85 - 10,35                        | 1,50                             | 46,37   | 66,31                          |
| K 18                       | 636               | 10,35 - 11,30                       | 0,95                             | 43,60   | 62,35                          |
| K 19                       | 592               | 5,55 - 7,10                         | 1,55                             | 46,37   | 66,31                          |
| K 19                       | 593               | 7,10 - 8,55                         | 1,45                             | 41,64   | 59,54                          |
| K 19                       | 594               | 8,55 - 8,90                         | 0,35                             | 16,51   | 23,62                          |
| K 19                       | 595               | 8,90 - 10,35                        | 1,45                             | 47,83   | 68,40                          |
| K 19                       | 596               | 10,35 - 11,75                       | 1,40                             | 45,77   | 65,45                          |

S DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                |
| 1,56                          | 5,52             | 3,86                           | 0,15             | 0,09            | 0,31 | 1,40   | 11,93                            |
| 1,87                          | 13,71            | 5,90                           | 0,20             | 0,05            | 0,25 | 1,16   | 11,68                            |
| 0,80                          | 43,44            | 16,38                          | 1,46             | 0,02            | 0,10 | 2,39   | 7,88                             |
| 2,53                          | 8,96             | 7,59                           | 0,32             | 0,03            | 0,30 | 1,35   | 12,32                            |
| 2,15                          | 18,77            | 8,29                           | 0,40             | 0,07            | 0,30 | 1,46   | 11,00                            |
| 2,05                          | 6,36             | 5,02                           | 0,18             | Tr.             | 0,33 | 1,53   | 12,58                            |
| 1,35                          | 32,47            | 3,81                           | 0,12             | Tr.             | 0,23 | 1,42   | 8,53                             |
| 0,52                          | 56,30            | 15,18                          | 1,60             | Tr.             | 0,13 | 3,96   | 3,90                             |
| 2,74                          | 8,56             | 6,98                           | 0,37             | 0,09            | 0,28 | 2,21   | 11,47                            |
| 2,45                          | 15,59            | 6,98                           | 0,37             | 0,10            | 0,26 | 1,61   | 11,12                            |
| 1,47                          | 16,39            | 3,89                           | 0,15             | 0,20            | 0,15 | 1,26   | 9,95                             |
| 0,91                          | 51,59            | 5,49                           | 0,35             | 0,04            | 0,19 | 1,44   | 5,96                             |
| 2,31                          | 11,15            | 7,01                           | 0,40             | 0,08            | 0,15 | 1,20   | 11,30                            |
| 2,42                          | 15,33            | 6,87                           | 0,35             | 0,13            | 0,18 | 1,31   | 10,93                            |
| 1,67                          | 16,50            | 2,73                           | 0,08             | 0,05            | 0,30 | 0,95   | 10,86                            |
| 1,63                          | 26,88            | 2,73                           | 0,05             | Tr.             | 0,20 | 0,83   | 9,66                             |
| 0,74                          | 50,22            | 15,25                          | 1,60             | Tr.             | 0,08 | 1,90   | 6,51                             |
| 2,59                          | 9,23             | 5,91                           | 0,28             | 0,06            | 0,23 | 2,09   | 10,86                            |
| 2,64                          | 10,40            | 7,05                           | 0,40             | 0,06            | 0,28 | 2,28   | 10,86                            |

Annexe B 2.38

| No. de<br>Sondage/<br>Tran-<br>chée | No. d'<br>échan-<br>tillon | Section<br>d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épais-<br>seur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------------------------------|----------------------------|---|---|---------|--------------------------------|
|                                     |                            |   |   | Z       | Z                              |
| K 20                                | 623                        | 15,35 - 16,15                             | 0,80  | 37,81   | 54,07                          |
| K 20                                | 624                        | 18,25 - 20,70                             | 2,45  | 46,62   | 66,67                          |
| K 20                                | 625                        | 20,70 - 21,30                             | 0,60  | 32,73   | 46,80                          |
| K 21                                | 626                        | 10,35 - 11,05                             | 0,70  | 52,66   | 75,31                          |
| K 21                                | 627                        | 11,05 - 11,85                             | 0,80  | 22,46   | 32,11                          |
| K 21                                | 628                        | 13,15 - 14,60                             | 1,45  | 46,02   | 65,81                          |
| K 21                                | 629                        | 14,60 - 15,65                             | 1,05  | 42,70   | 61,06                          |
| K 22                                | 597                        | 6,10 - 7,60                               | 1,50  | 53,17   | 76,03                          |
| K 22                                | 598                        | 7,60 - 8,50                               | 0,90  | 20,24   | 28,94                          |
| K 22                                | 599                        | 8,50 - 10,00                              | 1,50  | 45,67   | 65,30                          |
| K 23                                | 621                        | 8,55 - 9,00                               | 0,45  | 35,95   | 51,41                          |
| K 23                                | 622                        | 9,00 - 10,80                              | 1,80  | 41,44   | 59,26                          |
| K 25                                | 630                        | 3,75 - 5,85                               | 2,10  | 47,83   | 68,40                          |
| K 25                                | 631                        | 5,85 - 7,00                               | 1,15  | 45,82   | 65,52                          |
| K 26                                | 632                        | 2,35 - 4,37                               | 2,02  | 43,45   | 62,14                          |

S DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                |
| 1,36                          | 32,12            | 2,08                           | 0,07             | 0,13            | 0,36 | 1,05   | 8,56                             |
| 2,82                          | 9,71             | 6,13                           | 0,33             | 0,14            | 0,28 | 1,83   | 11,87                            |
| 1,57                          | 33,70            | 6,40                           | 0,33             | 0,09            | 0,20 | 2,03   | 8,21                             |
| 1,86                          | 5,88             | 3,11                           | 0,08             | 0,09            | 0,23 | 1,59   | 11,57                            |
| 0,78                          | 57,10            | 2,98                           | 0,10             | Tr.             | 0,09 | 1,00   | 5,48                             |
| 2,52                          | 9,79             | 7,47                           | 0,47             | 0,12            | 0,15 | 2,38   | 11,08                            |
| 2,31                          | 16,51            | 6,86                           | 0,33             | 0,11            | 0,16 | 1,56   | 10,82                            |
| 2,19                          | 4,05             | 3,73                           | 0,20             | Tr.             | 0,24 | 1,70   | 11,57                            |
| 0,79                          | 49,71            | 10,84                          | 1,21             | Tr.             | 0,17 | 2,05   | 6,23                             |
| 2,54                          | 12,26            | 6,19                           | 0,37             | Tr.             | 0,13 | 1,20   | 11,84                            |
| 0,65                          | 35,73            | 5,04                           | 0,30             | 0,15            | 0,25 | 1,39   | 4,97                             |
| 1,88                          | 18,53            | 6,83                           | 0,43             | 0,22            | 0,22 | 1,84   | 10,23                            |
| 1,48                          | 12,77            | 4,19                           | 0,12             | 0,11            | 0,17 | 1,47   | 11,04                            |
| 1,59                          | 12,69            | 5,97                           | 0,18             | 0,11            | 0,17 | 1,93   | 11,39                            |
| 1,40                          | 17,53            | 5,59                           | 0,21             | 0,17            | 0,15 | 1,47   | 10,81                            |

Annexe B 2.39

| No. de Sondage/<br>Tranchée | No. d' échan-<br>tillon | Section<br>d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épais-<br>seur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot.<br><br>% |
|-----------------------------|-------------------------|---|---|------------------|
| K 27                        | 576                     | 13,70 - 15,00                             | 1,30  | 43,05            |
| K 27                        | 577                     | 15,00 - 16,20                             | 1,20  | 10,67            |
| K 27                        | 578                     | 16,20 - 17,10                             | 0,90  | 44,81            |
| K 27                        | 579                     | 17,10 - 18,30                             | 1,20  | 46,12            |
| K 28                        | 600                     | 6,10 - 8,55                               | 2,45  | 39,93            |
| PK 1                        | 614                     | 0,00 - 2,00                               | 2,00  | 52,31            |
| PK 1                        | 615                     | 2,00 - 4,00                               | 2,00  | 51,76            |
| PK 1                        | 616                     | 4,00 - 5,50                               | 1,50  | 44,41            |
| PK 2                        | 617                     | 0,00 - 0,65                               | 0,65  | 51,05            |
| PK 2                        | 618                     | 0,65 - 1,85                               | 0,90  | 49,24            |
| PK 2                        | 619                     | 1,85 - 2,70                               | 0,85  | 36,05            |
| PK 2                        | 620                     | 2,70 - 3,60                               | 0,90  | 47,09            |
| PK 3                        | 569                     | 0,00 - 2,90                               | 2,90  | 48,34            |
| PK 3                        | 570                     | 2,90 - 3,30                               | 0,40  | 36,05            |
| PK 3                        | 571                     | 3,30 - 4,80                               | 1,50  | 42,95            |

RESULTATS DES ANALYSES

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------------|
| %                              | %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                |
| 61,56                          | 1,60                          | 23,32            | 1,92                           | 0,05             | 0,02            | 0,20 | 1,51   | 8,91                             |
| 15,26                          | 0,50                          | 53,26            | 19,28                          | 1,70             | 0,21            | 0,02 | 3,27   | 6,39                             |
| 64,08                          | 2,74                          | 12,17            | 7,52                           | 0,46             | 0,06            | 0,18 | 2,06   | 10,73                            |
| 65,95                          | 2,71                          | 10,81            | 6,66                           | 0,42             | 0,09            | 0,17 | 2,16   | 10,62                            |
| 57,10                          | 2,01                          | 18,20            | 9,22                           | 0,57             | 0,08            | 0,13 | 2,30   | 10,20                            |
| 74,81                          | 1,81                          | 7,53             | 2,54                           | 0,06             | 0,03            | 0,21 | 1,18   | 11,52                            |
| 74,02                          | 1,85                          | 7,02             | 3,06                           | 0,06             | 0,18            | 0,22 | 1,47   | 11,69                            |
| 63,50                          | 1,43                          | 17,76            | 4,65                           | 0,15             | 0,13            | 0,29 | 1,23   | 10,36                            |
| 72,94                          | 1,52                          | 7,41             | 3,79                           | 0,16             | 0,15            | 0,31 | 1,60   | 11,79                            |
| 70,42                          | 1,91                          | 9,06             | 4,60                           | 0,13             | 0,08            | 0,19 | 1,75   | 11,69                            |
| 51,55                          | 0,91                          | 28,15            | 6,80                           | 0,70             | 0,14            | 0,26 | 2,11   | 8,93                             |
| 60,19                          | 1,87                          | 16,73            | 7,50                           | 0,33             | 0,19            | 0,24 | 1,95   | 10,60                            |
| 69,12                          | 1,70                          | 10,37            | 4,37                           | 0,12             | 0,13            | 0,25 | 1,30   | 12,56                            |
| 51,55                          | 1,40                          | 26,77            | 7,47                           | 0,79             | 0,06            | 0,31 | 1,67   | 9,52                             |
| 61,42                          | 2,20                          | 15,14            | 7,90                           | 0,33             | 0,09            | 0,20 | 1,51   | 11,10                            |

Annexe B 2.40

## RESULTATS DES ANALYSES

| No. de<br>Sondage/<br>Tran-<br>chée | No. d'<br>échan-<br>tillon | Section<br>d'échantillon<br>de - à<br>(m) | L'épais-<br>sieur<br>d'échan-<br>tillon<br>(m) | Fe-tot. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>dratée<br>(%) |   |
|-------------------------------------|----------------------------|---|--|---------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|----------------------------|---|
|                                     |                            |   |  |         |                                |                               |                  |                                |                  |                 |      |        | g                          | % |
| PK 4                                | 611                        | 0,00 - 1,10                               | 1,10   | 42,70   | 61,06                          | 1,62                          | 19,61            | 4,92                           | 0,16             | 0,15            | 0,30 | 2,01   | 10,07                      |   |
| PK 4                                | 612                        | 1,10 - 3,00                               | 1,90   | 47,83   | 68,60                          | 2,27                          | 8,71             | 6,79                           | 0,37             | 0,13            | 0,27 | 1,45   | 11,56                      |   |
| PK 4                                | 613                        | 3,00 - 4,00                               | 1,0  | 41,69   | 59,67                          | 2,16                          | 17,59            | 7,59                           | 0,17             | 0,13            | 0,26 | 1,28   | 10,95                      |   |
| PK 5                                | 572                        | 0,0 - 1,30                                | 1,30   | 47,63   | 68,11                          | 1,62                          | 11,77            | 6,35                           | 0,16             | 0,17            | 0,20 | 1,96   | 10,77                      |   |
| PK 5                                | 573                        | 1,30 - 2,60                               | 1,30   | 32,17   | 46,01                          | 1,27                          | 38,06            | 4,19                           | 0,12             | 0,06            | 0,20 | 1,56   | 7,70                       |   |
| PK 5                                | 574                        | 2,60 - 4,00                               | 1,40   | 45,72   | 65,38                          | 2,39                          | 10,37            | 7,62                           | 0,33             | 0,16            | 0,20 | 1,97   | 13,11                      |   |
| PK 5                                | 575                        | 4,00 - 6,00                               | 2,00   | 40,18   | 57,66                          | 2,27                          | 19,49            | 8,06                           | 0,39             | 0,07            | 0,20 | 2,69   | 9,36                       |   |

## RESULTS

| No. de<br>Sondage/<br>Tranche | No. d'<br>échan-<br>tillon | Section                        | L'épais-<br>seur          | Fe-tot. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|--------------------------------|
|                               |                            | d'échantillon<br>de - à<br>(m) | d'échan-<br>tillon<br>(m) | %       | %                              |
| PSD 1                         | 417                        | 0,0 - 0,80                     | 0,80                      | 48,44   | 69,26                          |
| PSD 1                         | 418                        | 0,80 - 1,80                    | 1,00                      | 42,85   | 61,27                          |
| PSD 1                         | 419                        | 1,80 - 2,40                    | 0,60                      | 42,70   | 61,06                          |
| PSD 2                         | 420                        | 1,15 - 1,50                    | 0,35                      | 49,85   | 71,28                          |
| PSD 2                         | 421                        | 1,50 - 2,60                    | 1,10                      | 40,98   | 58,61                          |
| PSD 2                         | 422                        | 2,60 - 3,00                    | 0,40                      | 37,46   | 53,57                          |
| PSD 2                         | 423                        | 3,00 - 4,00                    | 1,00                      | 25,63   | 36,64                          |
| PSD 3                         | 516                        | 1,00 - 1,40                    | 0,40                      | 51,81   | 74,09                          |
| PSD 3                         | 517                        | 1,40 - 2,00                    | 0,60                      | 45,16   | 64,58                          |
| PSD 3                         | 518                        | 2,00 - 2,80                    | 0,80                      | 42,09   | 60,19                          |
| PSD 3                         | 519                        | 2,80 - 3,10                    | 0,30                      | 37,46   | 53,57                          |
| PSD 4                         | 424                        | 0,00 - 0,80                    | 0,80                      | 53,16   | 76,03                          |
| PSD 4                         | 425                        | 0,80 - 2,35                    | 1,55                      | 40,88   | 58,46                          |
| PSD 5                         | 426                        | 0,50 - 1,90                    | 1,40                      | 46,62   | 66,67                          |
| PSD 5                         | 427                        | 1,90 - 2,45                    | 0,55                      | 48,54   | 69,41                          |
| PSD 5                         | 428                        | 2,45 - 3,30                    | 0,85                      | 48,39   | 69,19                          |
| PSD 6                         | 429                        | 0,00 - 1,35                    | 1,35                      | 53,42   | 76,39                          |
| PSD 6                         | 430                        | 1,35 - 2,40                    | 1,05                      | 46,17   | 66,02                          |
| PSD 6                         | 431                        | 2,40 - 2,80                    | 0,40                      | 46,02   | 65,88                          |

## DES ANALYSES

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P.D.F. | Eau d'hy-<br>drat at ion<br>(500°) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|--------|------------------------------------|
| %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %      | %                                  |
| 1,62                          | 9,22             | 6,60                           | 0,20             | Tr              | 0,20 | 1,91   | 10,91                              |
| 1,45                          | 16,37            | 9,40                           | 0,25             | 0,28            | 0,08 | 2,49   | 10,32                              |
| 1,79                          | 15,59            | 8,04                           | 0,23             | 0,18            | 0,16 | 2,40   | 10,17                              |
| 1,99                          | 6,17             | 6,17                           | 0,21             | 0,10            | 0,24 | 1,92   | 11,15                              |
| 1,98                          | 16,06            | 9,57                           | 0,41             | 0,10            | 0,21 | 2,15   | 10,56                              |
| 1,74                          | 25,54            | 7,25                           | 0,30             | 0,06            | 0,21 | 2,17   | 8,93                               |
| 1,17                          | 40,22            | 10,93                          | 0,45             | 0,24            | 0,18 | 2,54   | 7,46                               |
| 1,94                          | 5,97             | 4,38                           | 0,28             | 0,21            | 0,31 | 1,59   | 10,91                              |
| 2,01                          | 11,34            | 7,61                           | 0,43             | 0,28            | 0,23 | 1,91   | 10,95                              |
| 1,93                          | 16,02            | 8,52                           | 0,35             | 0,20            | 0,19 | 2,30   | 10,14                              |
| 1,55                          | 26,54            | 7,11                           | 0,27             | 0,07            | 0,17 | 1,87   | 8,69                               |
| 1,99                          | 3,49             | 4,21                           | 0,10             | 0,06            | 0,24 | 1,91   | 11,48                              |
| 1,47                          | 19,39            | 8,33                           | 0,30             | 0,08            | 0,12 | 1,98   | 9,70                               |
| 1,39                          | 13,25            | 6,70                           | 0,22             | 0,04            | 0,11 | 1,85   | 9,75                               |
| 1,84                          | 8,19             | 6,57                           | 0,20             | 0,05            | 0,09 | 2,25   | 10,54                              |
| 1,89                          | 9,30             | 6,60                           | 0,17             | 0,09            | 0,12 | 2,07   | 10,33                              |
| 1,60                          | 5,19             | 3,75                           | 0,13             | 0,03            | 0,12 | 1,81   | 10,59                              |
| 1,80                          | 13,70            | 6,22                           | 0,23             | 0,02            | 0,11 | 2,24   | 9,56                               |
| 1,90                          | 12,05            | 7,32                           | 0,38             | 0,03            | 0,14 | 2,33   | 9,91                               |

Annexe B 2.42

| No. de Sondage/<br>Tranchée | No. d'échantillon | Section d'échantillon de - à<br>(m) | L'épaisseur d'échantillon<br>(m) | Fe-tot.<br>% |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| D 1                         | 799               | 7,65 - 8,60                         | 0,95                             | 46,03        |
| D 1                         | 800               | 8,60 - 9,60                         | 1,00                             | 42,52        |
| D 2                         | 801               | 7,60 - 8,40                         | 0,80                             | 50,37        |
| D 2                         | 802               | 8,40 - 9,50                         | 1,10                             | 46,21        |
| D 3                         | 803               | 12,60 - 14,00                       | 1,40                             | 49,67        |
| D 3                         | 804               | 14,00 - 14,90                       | 0,90                             | 47,85        |
| D 3                         | 805               | 14,90 - 16,20                       | 1,30                             | 45,33        |

RESULTATS DES ANALYSES

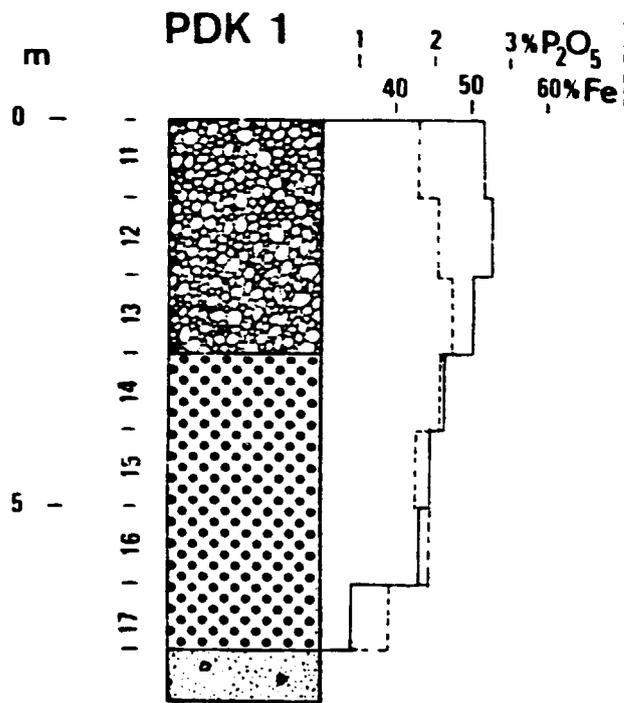
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO<br>+<br>MgO | MnO  | P. D. F. | Eau d'hy-<br>dratation<br>(500°) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|----------|----------------------------------|
| %                              | %                             | %                | %                              | %                | %               | %    | %        | %                                |
| 65,82                          | 1,14                          | 15,29            | 4,97                           | 0,27             | 0,07            | 0,28 | 2,38     | 9,21                             |
| 60,82                          | 1,15                          | 20,85            | 5,20                           | 0,27             | 0,06            | 0,30 | 2,00     | 8,73                             |
| 72,03                          | 1,10                          | 10,52            | 3,41                           | 0,23             | 0,07            | 0,12 | 2,66     | 9,37                             |
| 63,22                          | 0,96                          | 19,54            | 4,64                           | 0,26             | 0,06            | 0,11 | 2,10     | 8,70                             |
| 71,03                          | 1,21                          | 11,27            | 3,64                           | 0,23             | 0,06            | 0,11 | 2,27     | 9,59                             |
| 68,43                          | 1,29                          | 15,28            | 3,23                           | 0,22             | 0,06            | 0,12 | 2,11     | 8,92                             |
| 64,82                          | 0,96                          | 19,35            | 4,12                           | 0,23             | 0,06            | 0,05 | 2,13     | 8,68                             |



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

Annexes B 3.1 à B 3.125

**Croquis et descriptions des sondages et tranchées**

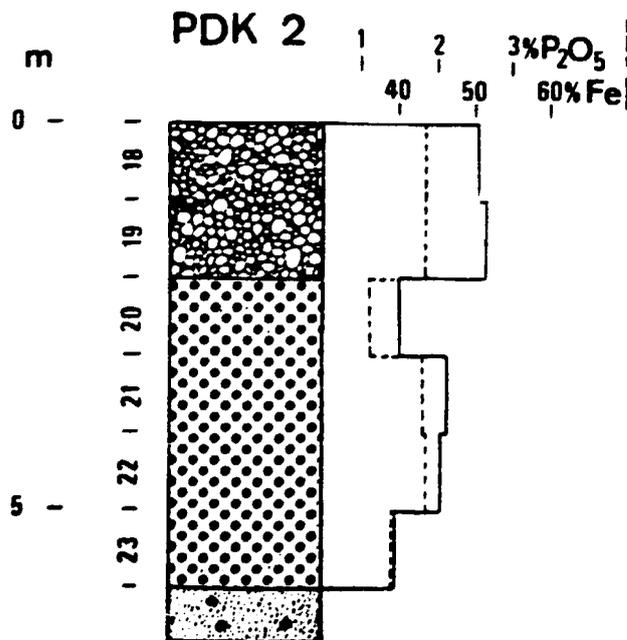


Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun-rouge foncé, indice de bioturbation entre 1 et 2 m

Oolites de fer, pisolithiques, tendres, silteuses, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux

Grès, fin à moyen, silteux, 5 à 10 % d'oolithes et pisolithes, couleur brun clair



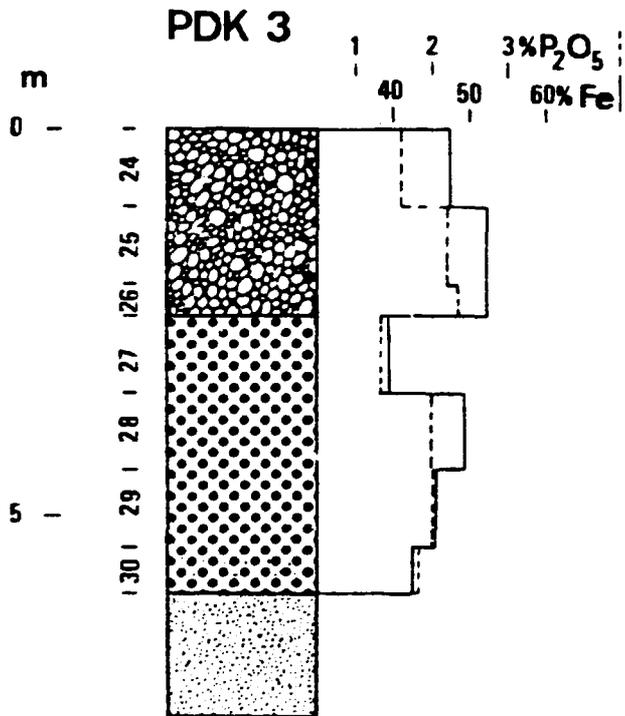
Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun-rouge foncé

Oolites de fer, environ 60 % d'oolithes, environ 35 % de sable, à ciment argileux, brun-rouge

Oolites de fer, pisolithiques, tendres, silteuses, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux

Grès, fin à moyen, silteux, avec quelques oolites et pisolithes, couleur brun clair à blanc rougeâtre



Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun-rouge foncé

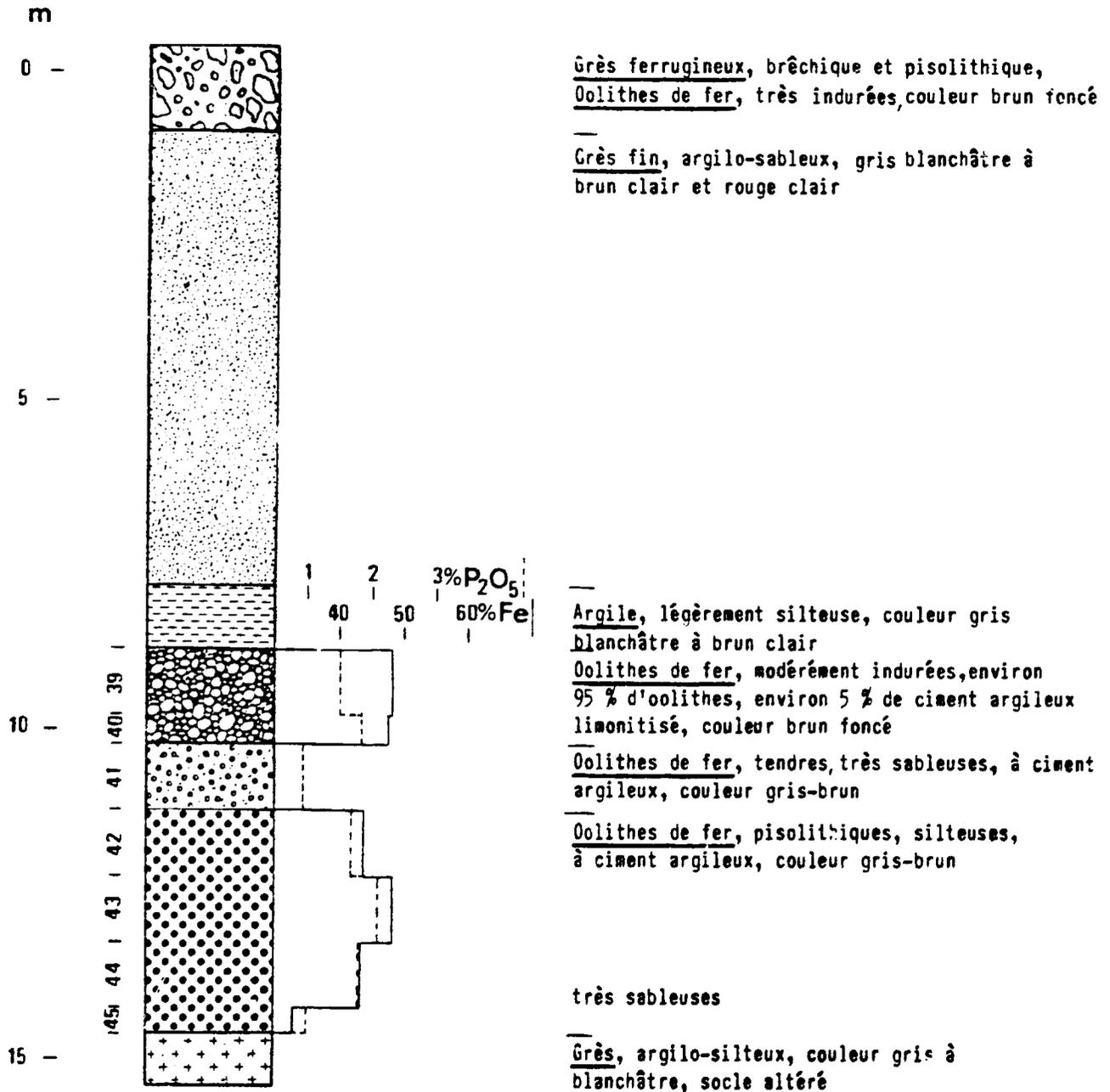
Oolites de fer, environ 60 % d'oolithes, 30 à 35 % de sable siliceux, brun-rouge, indice de bioturbation

Oolites de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

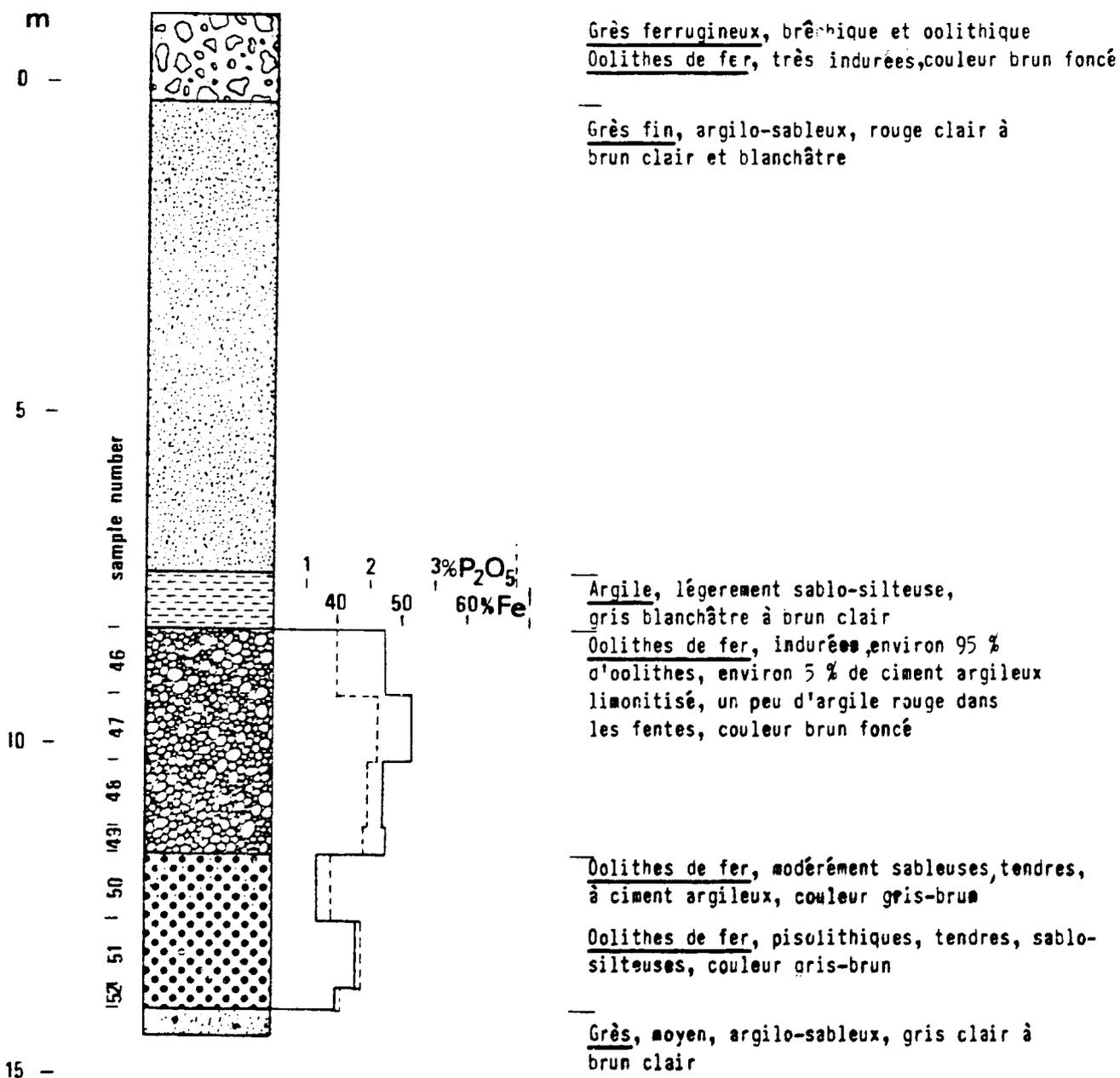
augmentation faible en sable siliceux

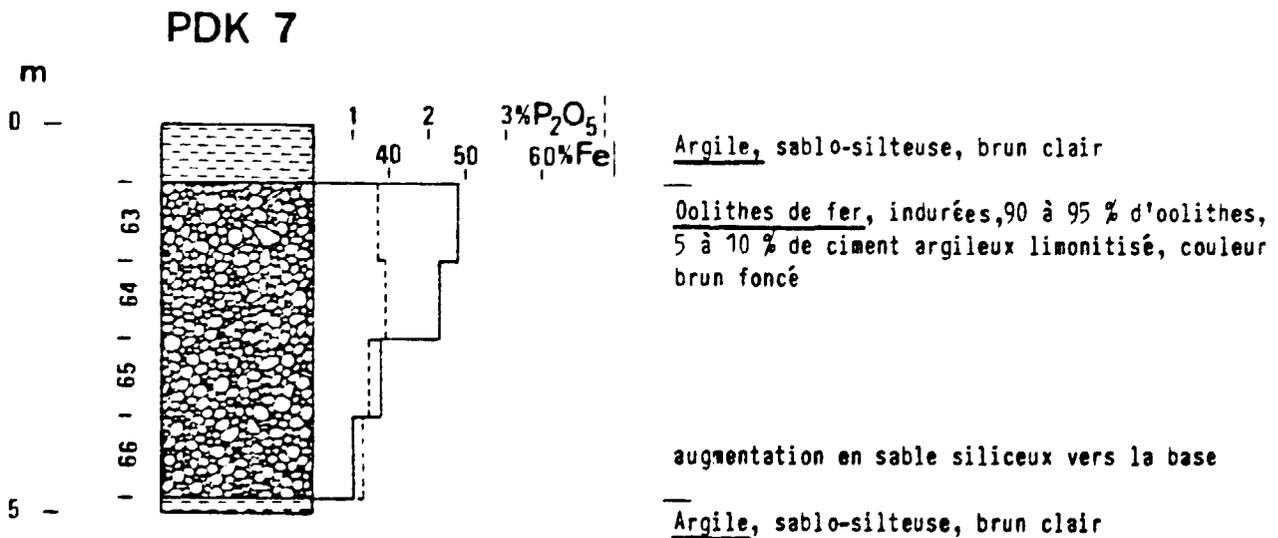
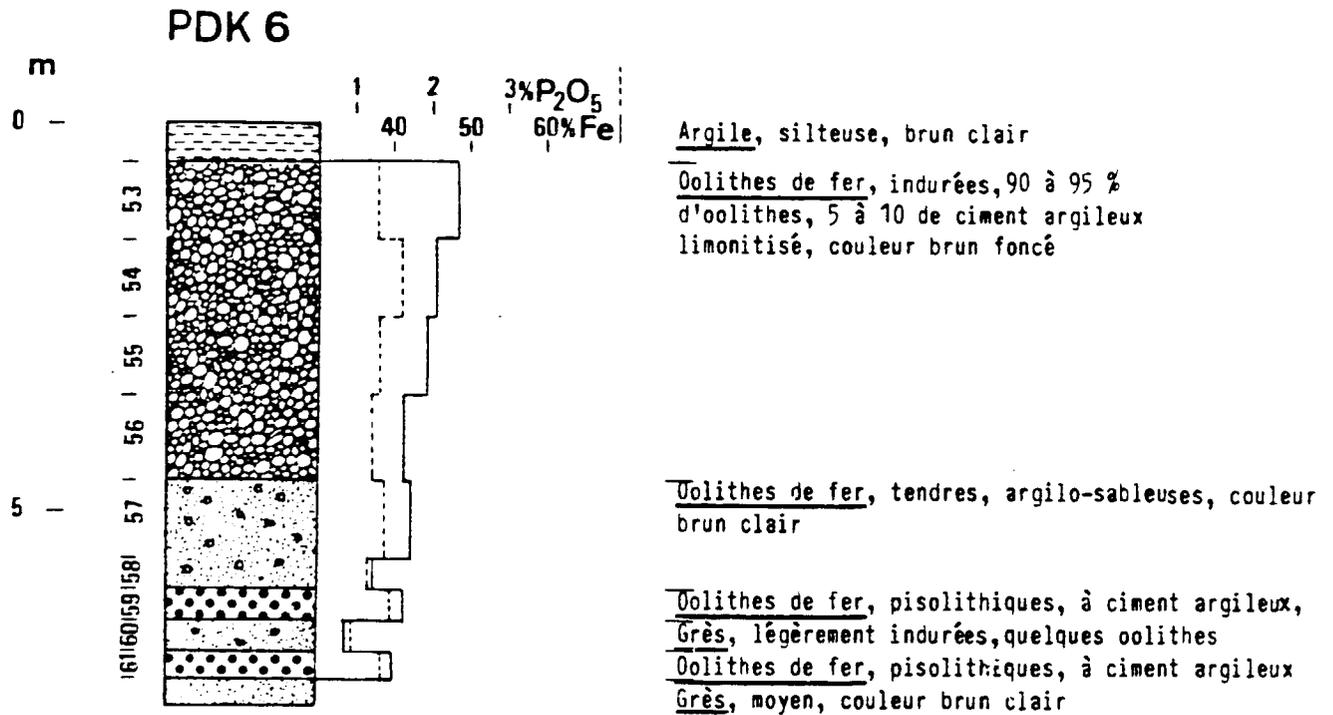
Grès, fin à moyen, silteux, rougeâtre

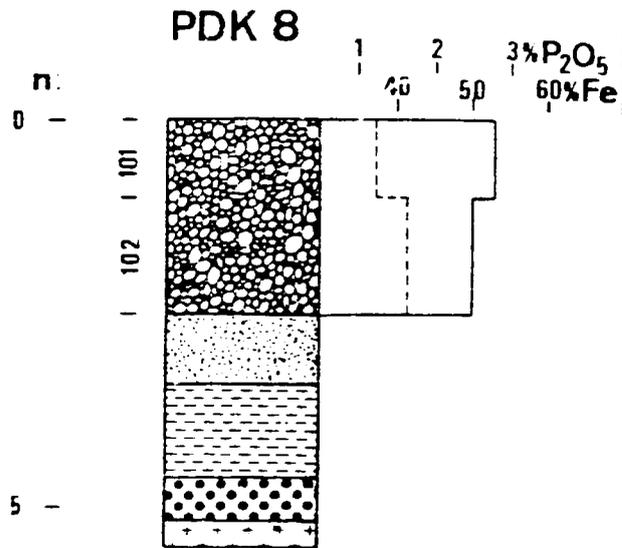
PDK 4



PDK 5







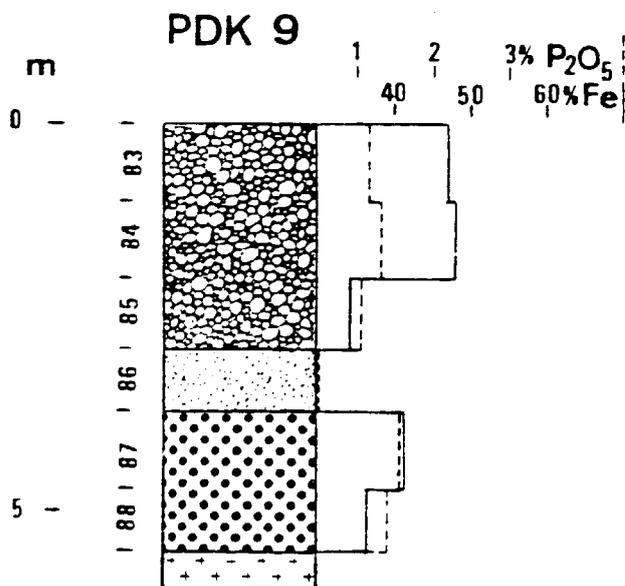
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé

Grès, moyen, légèrement indurées, quelques oolithes, couleur gris clair

Argile, sablo-silteuse, couleur rougeâtre à brun clair

Oolithes de fer, pisolithiques légèrement indurées, à ciment argileux, couleur gris-brun

Grès, argileux, couleur gris blanchâtre, socle altéré

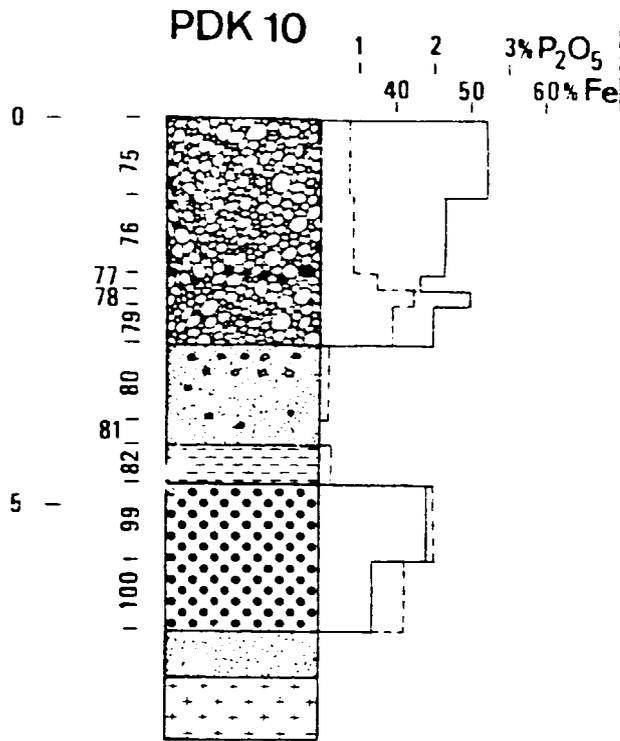


Oolithes de fer, indurées, très altérées, indice de bioturbation et incrustations de fer, couleur rouge-gris-brun

Grès, légèrement indurées, quelques oolithes, couleur gris clair à brun

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, 70 à 80 % d'oolithes et pisolithes, sablo-silteuses, à ciment argileux, couleur brun clair à verdâtre

Argile kaolinitisée, légèrement sableuse, couleur blanche, socle très altéré



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé, indice de bioturbation et incrustations de fer

horizon pisolithique

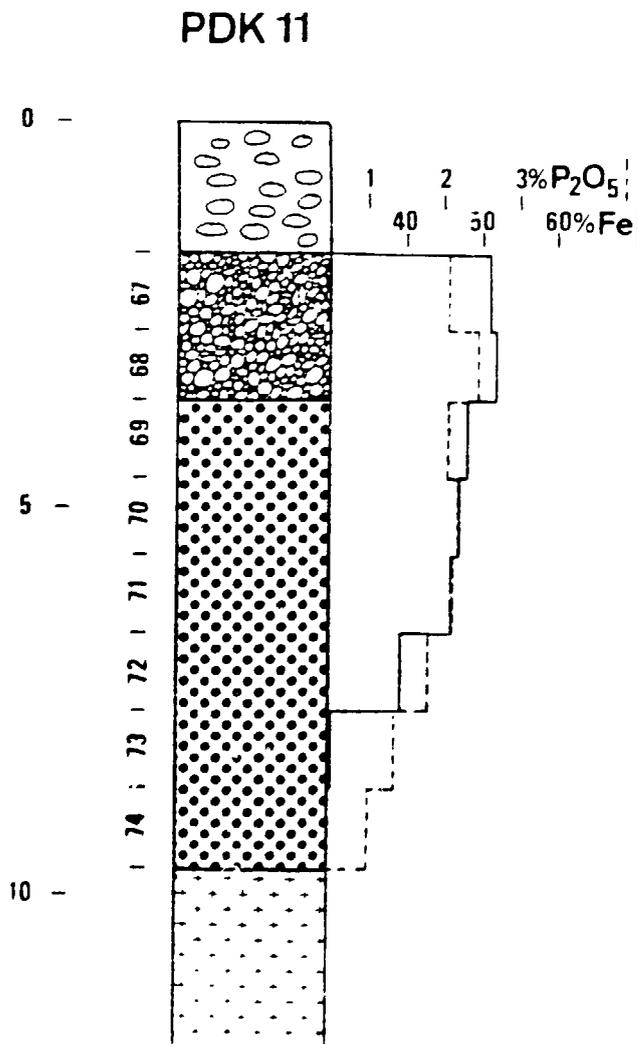
Grès, oolithique,

diminution de la quantité d'oolithes vers la base

Argile, légèrement sablo-silteuse, brun clair

Oolithes de fer, pisolitiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun

Grès de granulométrie fine, silteux, légèrement indurés, quelques oolithes, couleur brun rouge  
Argile, kaolinisée, sableuse, gris blanchâtre, socle altéré



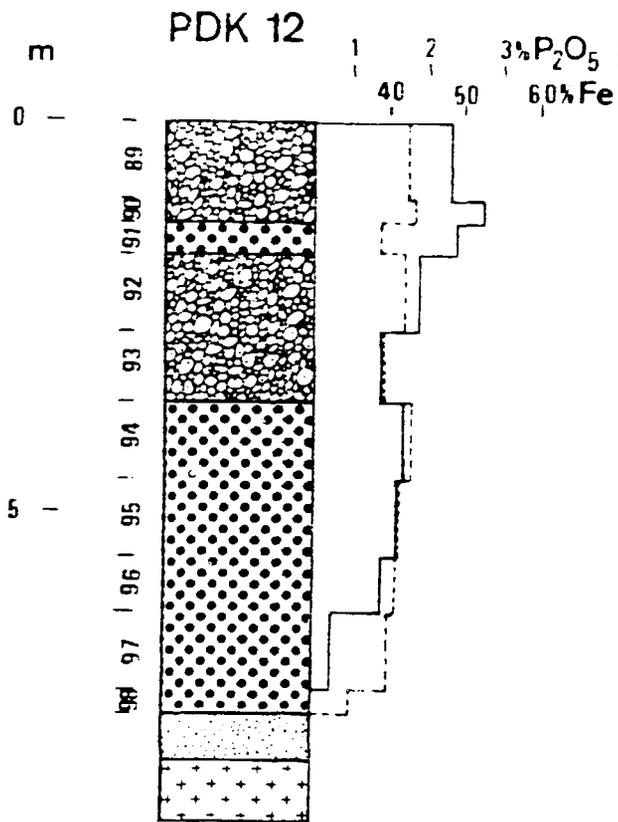
Gravier de la terrasse du Niger

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment limonitisé, couleur brun foncé

Oolithes de fer, pisolitiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux vers la base

Socle, très altéré, kaolinitique, couleur blanc-gris



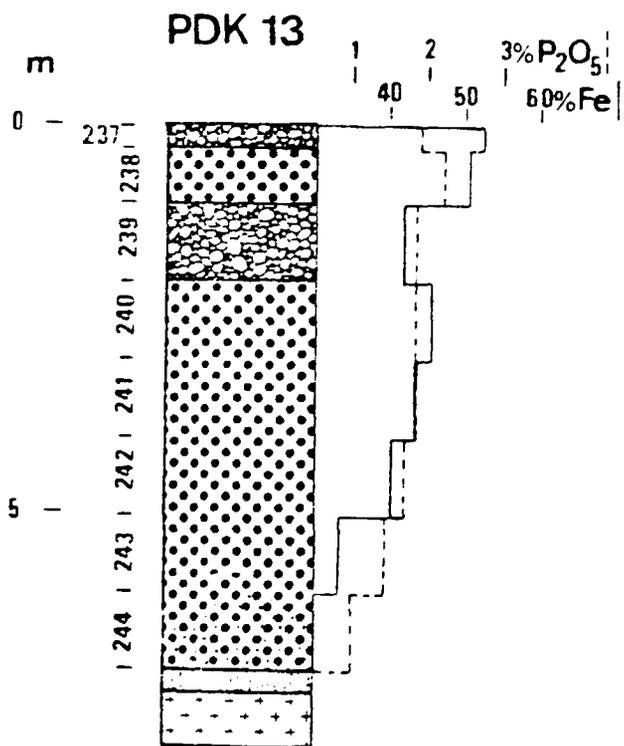
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé

Pisolithes de fer, modérément indurées, argileuses  
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé  
environ 10 à 15 % de sable

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun, indice d'incrustation de fer

augmentation en sable siliceux vers la base

Grès de granulométrie fine à grossière, quelques oolithes, couleur rouge-brun à rouge blanchâtre  
Socle altéré, très kaolinitisé

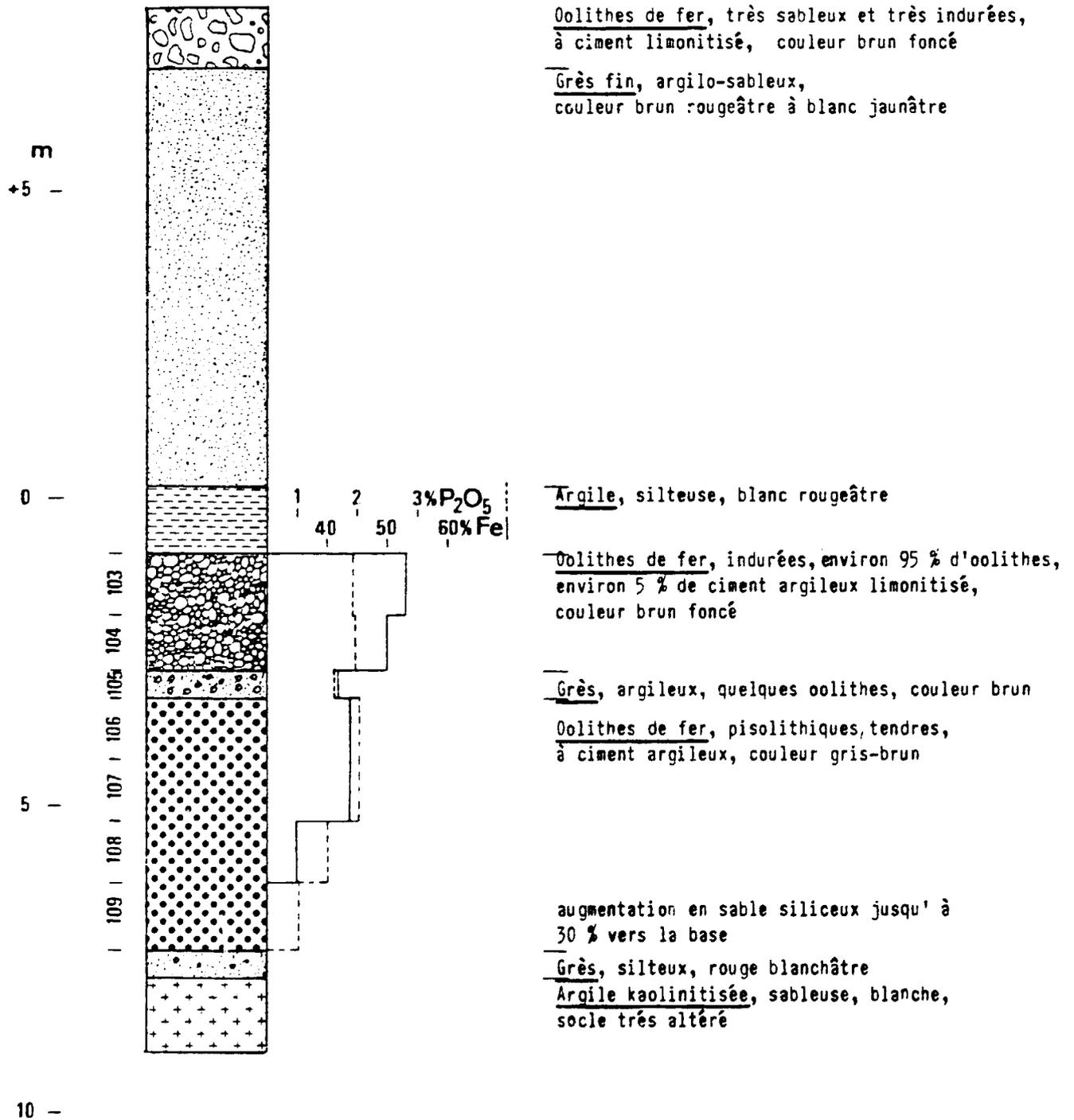


Pisolithes de fer, modérément indurées, couleur brun foncé  
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux-limonitisé, couleur brun foncé, indice de bioturbation  
Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, environ 40 à 50 % de pisolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun

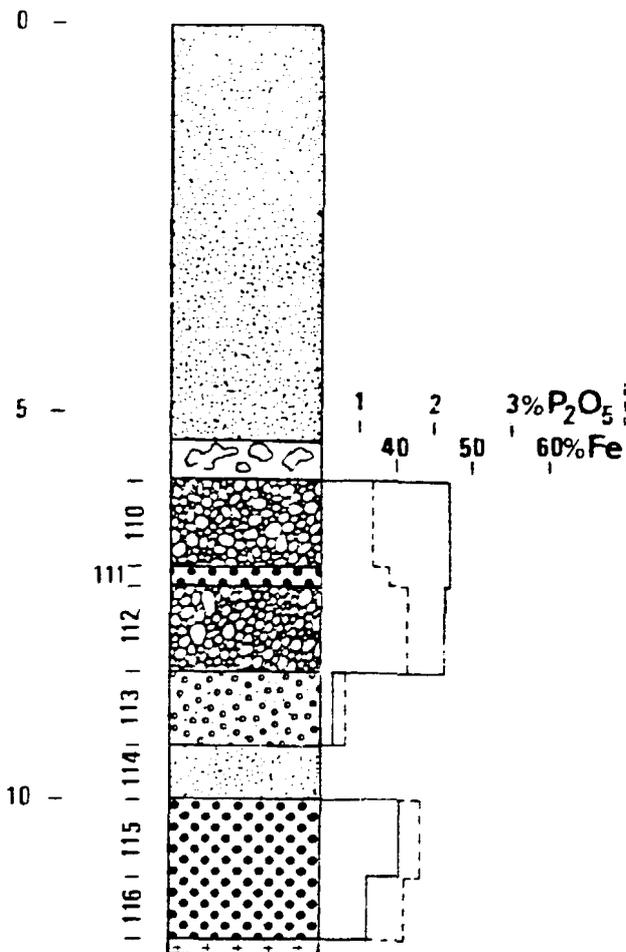
augmentation en sable siliceux vers la base

Grès fin, sableux, rouge  
Grès, kaolinitisé, gris blanchâtre, socle altéré

PDK 14



PDK 15



Sable dunaire, de granulométrie fine à moyenne  
ocre jaune

Touche colluviale, avec des fragments de grès ferrugineux

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes,  
environ 5 % de ciment argileux limonitisé,  
couleur brun-rouge foncé

Pisolithes de fer, modérément indurées

Oolithes de fer, indurées

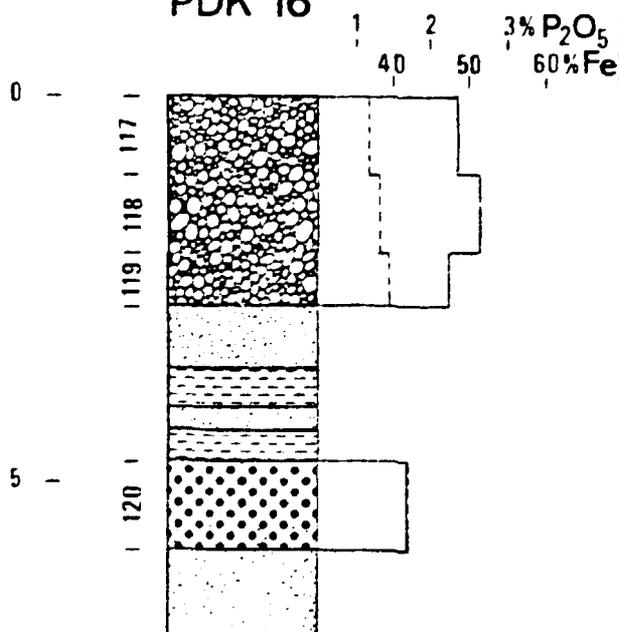
Oolithes de fer, modérément indurées, très  
sableuses, (30-40 % de sable), rouge jaunâtre

Grès, argileux, légèrement induré, brun jaunâtre

Oolithes de fer, pisolithiques, légèrement  
indurées, à ciment argileux, silteuses, couleur  
gris-brun

Argile, sableuse, gris blanchâtre,  
socle altéré

PDK 16



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes,  
environ 5 % de ciment argileux limonitisé,  
couleur brun foncé

Couche de gravillons ferrugineux

Grès, argileux, quelques oolithes, légèrement  
indurées brun

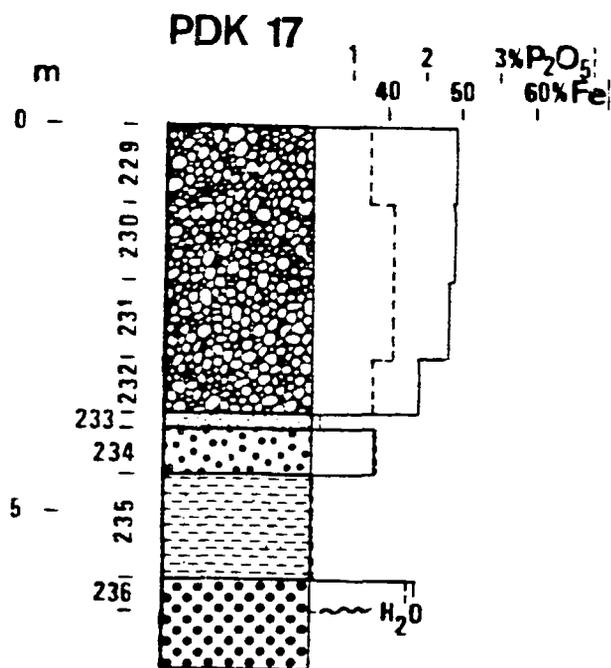
Argile, silteuse, brun clair

Grès, moyen à grossier, couleur brun clair

Argile, sablo-silteuse, brun clair

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres,  
sableuses, à ciment argileux, couleur gris-brun

Grès, argileux, rouge blanchâtre



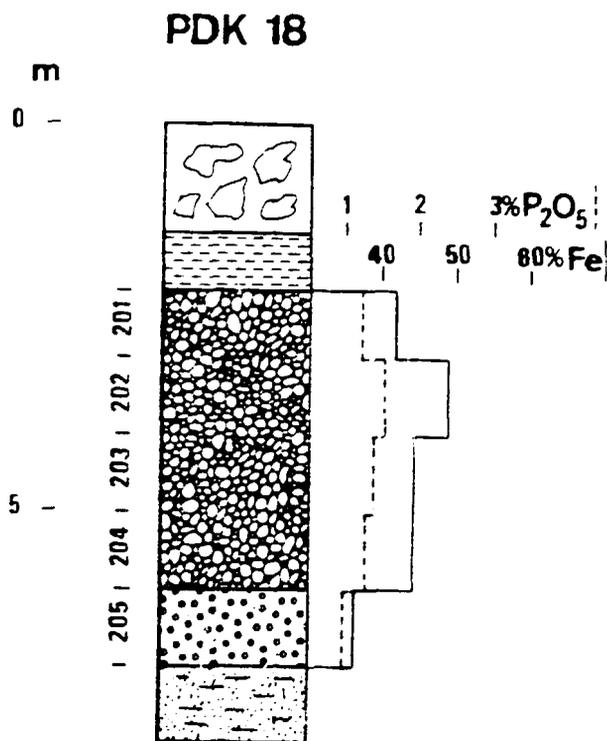
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé

de 3,60 m à 3,70 m couche de gravillons

— Grès, grossier, couleur gris-brun clair  
Oolithes de fer, argilo-sableuses

Argile, sablo-silteuse, quelques oolithes, rouge-jaune-brun

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, à partir de 6,25 m nappe souterraine



Couche colluviale à texture brêchique, avec des éboulis d'oolithes de fer et de quartz

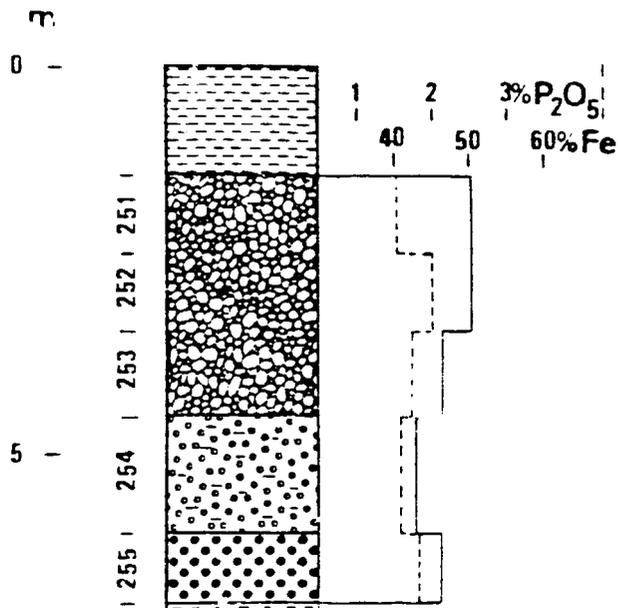
— Argile, silteuse, blanc jaunâtre

Oolithes de fer, indurées, environ 90 à 95 % d'oolithes, à ciment limonitisé, couleur rouge-brun foncé

Oolithes de fer, très argileuses, couleur gris-brun

Grès, très argileux, couleur blanc jaunâtre

PDK 19



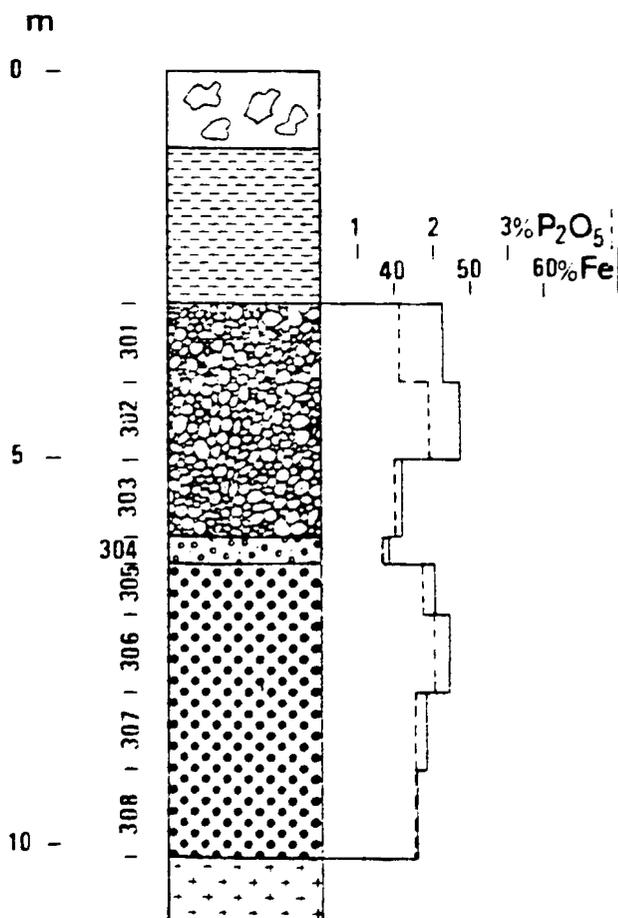
Argile, silteuse, rouge jaunâtre

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

Oolithes de fer, légèrement indurées, à ciment argileux, couleur gris-brun

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun  
Argile, silteuse, jaune-brun

PDK 20



Couche colluviale à texture bréchique, avec des éboulis d'oolithes de fer silicifiées

Argile, légèrement silteuse, gris-blanc

Oolithes de fer, indurées, 90-95 % d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

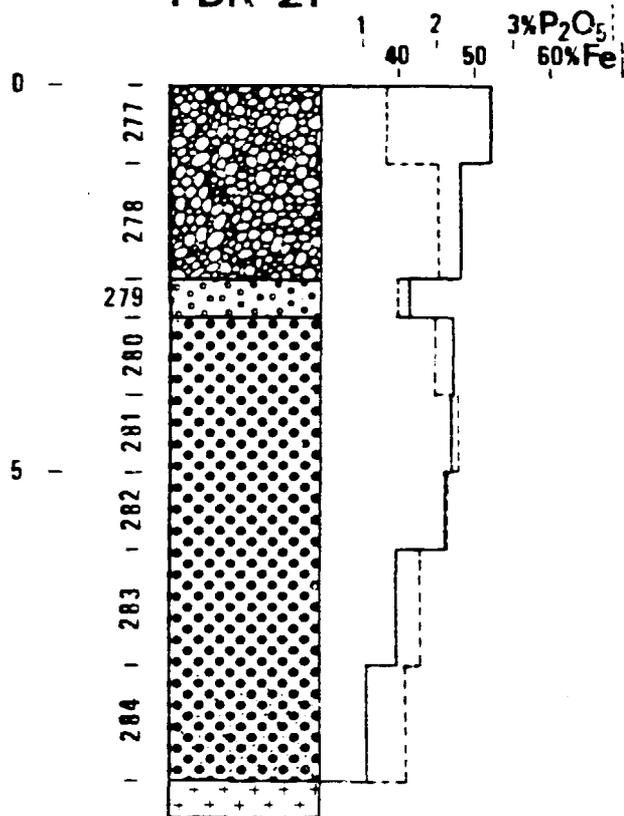
Oolithes de fer, sableuses, indice d'incrustations de fer

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux

augmentation en sable siliceux jusqu' à 10 % vers la base

Argile kaolinique, sableuse, gris-blanc, socle altéré

## PDK 21



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

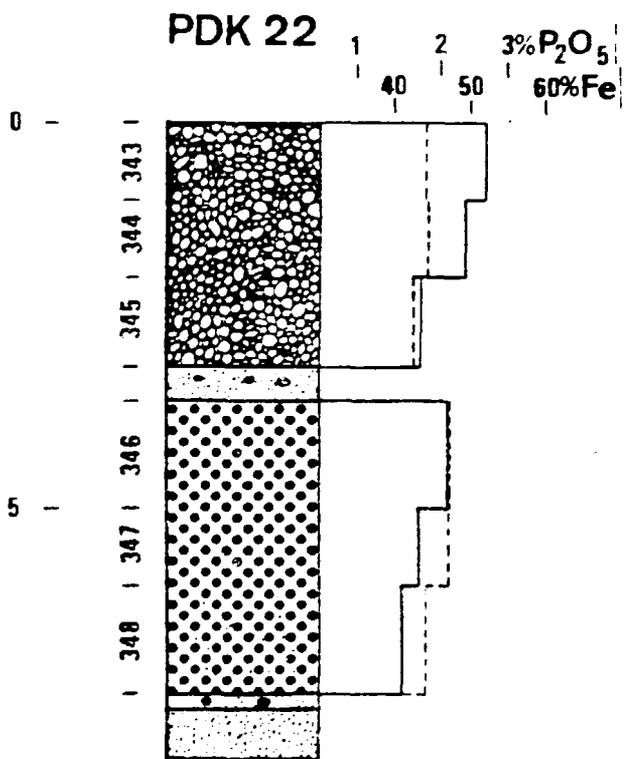
Oolithes de fer, sableuses à ciment argileux couleur gris-brun, indice de bioturbation

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, silteuses couleur, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 20 % vers la base

Grès, argilo-silteux, couleur gris-blanc socle altéré

## PDK 22



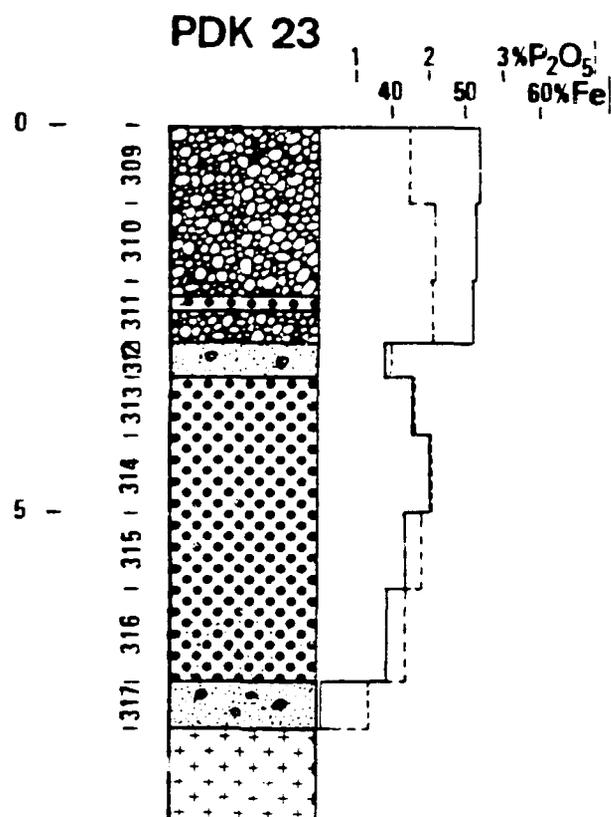
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé

Grès, avec quelques oolithes

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 5 % vers la base

Grès, légèrement oolithique et pisolithique  
Grès, de granulométrie moyenne, rouge à brun clair

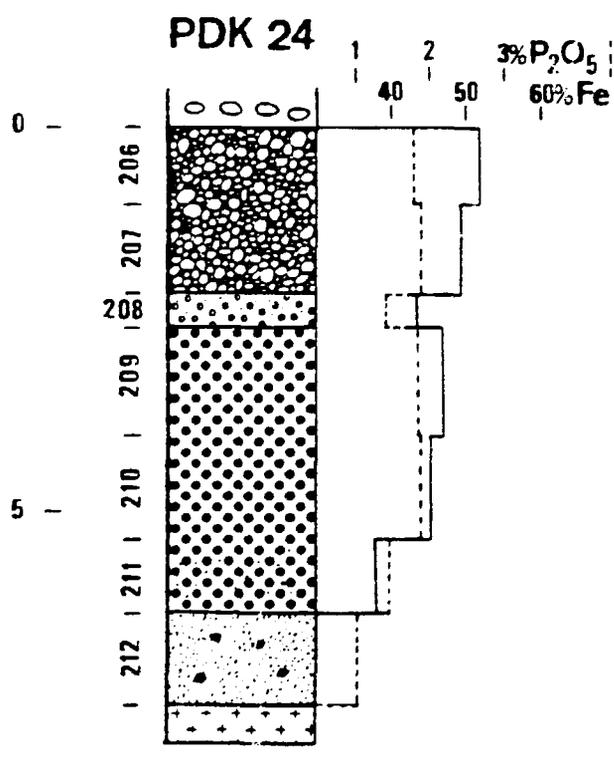


Oolithes, de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, indice de bioturbation de 0,5 m à 1,0 m, couleur rouge-brun foncé

Pisolithes de fer, indurées, couleur brun foncé  
Oolithes de fer, indurées, couleur rouge-brun foncé  
Grès, oolithique à ciment argileux  
Oolithes de fer, pisolithiques, environ 30 % de pisolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu' à 5 % vers la base

Grès, oolithique et pisolithique, brun clair  
Argile kaolinique, sableuse, blanc -gris, socle altéré



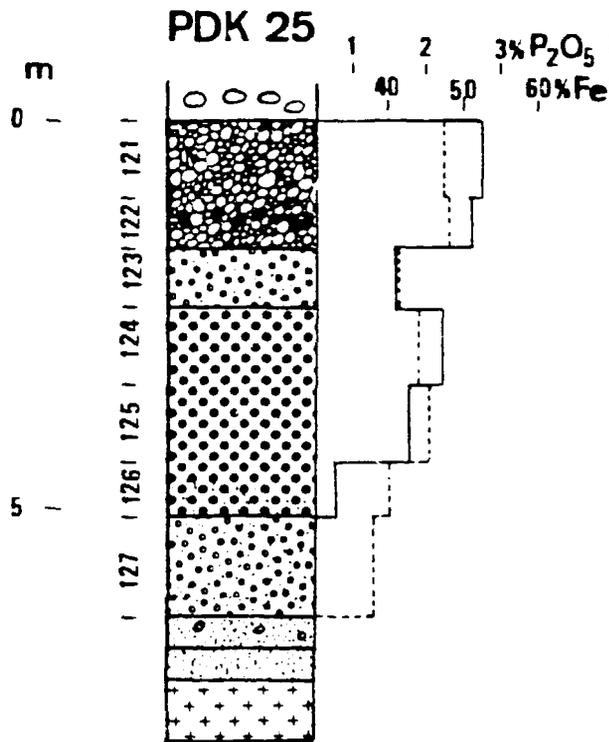
Gravier de la terrasse du Niger

Oolithes de fer, indurées, environ 90 % à 95 % d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

Oolithes de fer, sableuses, à ciment argileux  
Oolithes de fer, pisolithiques, environ 20 % à 30 % de pisolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu' à 30 % vers la base

Grès, de granulométrie moyenne, avec quelques oolithes, couleur gris clair à brun clair  
Grès, très argileux, couleur gris-blanc, socle altéré



Gravier de la terrasse du Niger

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé  
Pisolithes de fer, modérément indurées

Oolithes de fer, argilo-sableuses, légèrement indurées, couleur brun

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, sablo-silteux

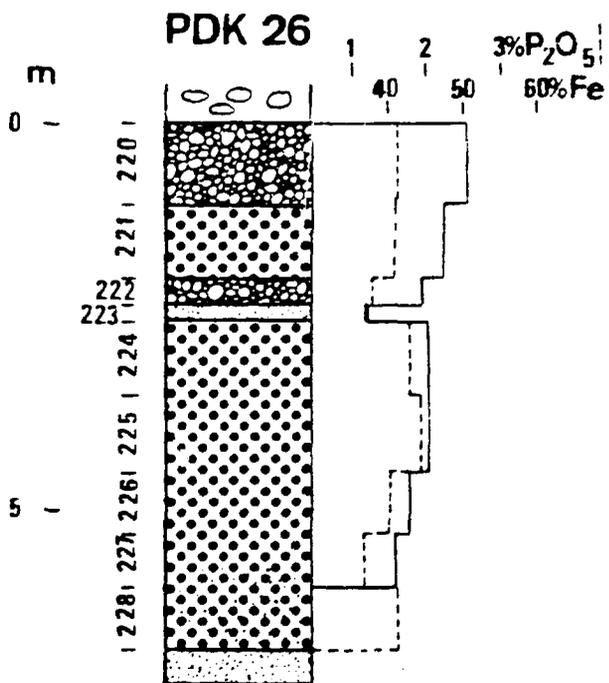
augmentation en sable siliceux vers la base

Oolithes de fer, à ciment argileux, très sableuses avec quelques rares pisolithes, couleur gris-brun

Grès, à ciment argileux, oolithique, gris

Grès, argileux, couleur gris à blanchâtre

Argile kaolinique, sableuse, blanche, socle altéré



Gravier de la terrasse du Niger

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, à ciment limonitisé, couleur rouge-brun foncé, indice de bioturbation

Pisolithes de fer, légèrement indurées, couleur brun foncé, indice de bioturbation entre 2,00 m et 2,25 m

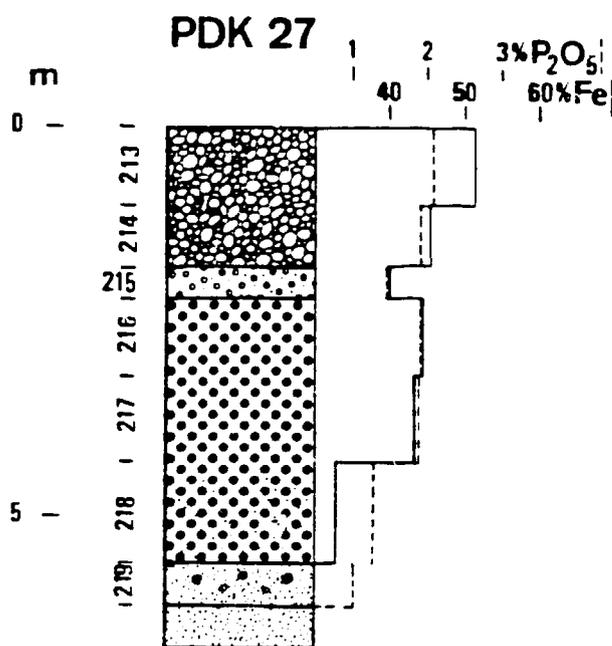
Oolithes de fer, indurées

Grès, moyen à grossier, oolithique

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 30 % vers la base

Grès, fin à moyen, blanchâtre à gris clair



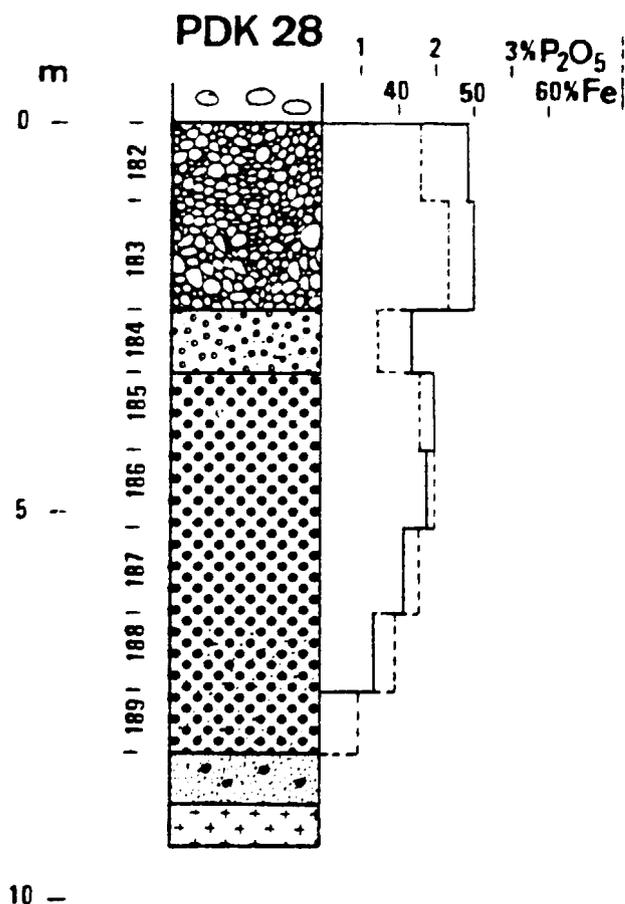
Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, à ciment argileux, couleur rouge-brun foncé, indice de bioturbation entre 1,80 m et 2,00 m

Oolites de fer, à ciment argileux, sableuses  
Oolites de fer, pisolithiques, environ 20 % de pisolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun

— augmentation en sable siliceux jusqu' à 10 % vers la base

— Grès, oolithique et pisolithique, à ciment argileux

Grès, de granulométrie moyenne, rouge blanchâtre



Gravier de la terrasse du Niger

Oolites de fer, indurées, environ 97 % d'oolithes, environ 3 % de ciment argileux limonitisé, couleur brun foncé

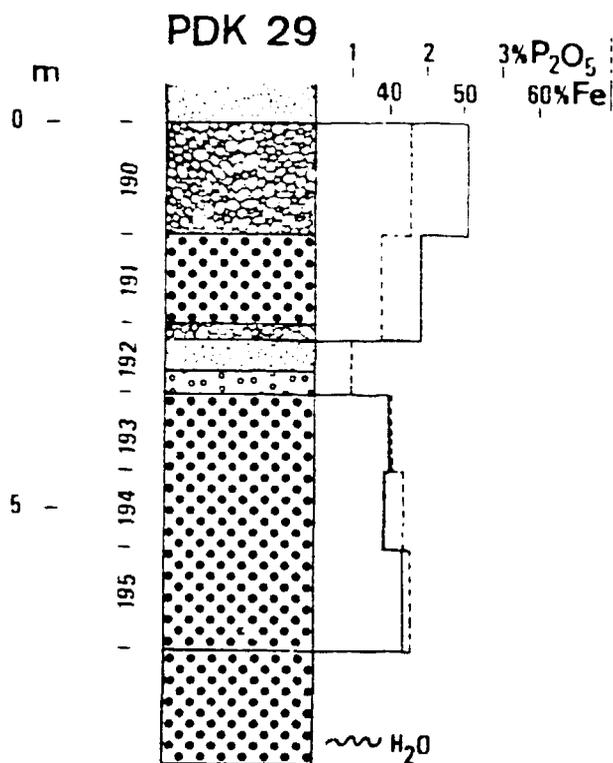
— Oolites de fer, argilo-sableuses, tendres, couleur gris-brun

Oolites de fer, pisolithiques, légèrement indurées, à ciment argileux, couleur gris-brun

— augmentation rapide en sable siliceux jusqu' à 30 % vers la base, couleur grise-brun clair

— Grès, à ciment argileux, avec de rares oolites et pisolithes, brun clair

Grès, à ciment argileux kaolinisé, couleur banc-gris, socle altéré



Sable dunaire, de granulométrie fine à moyenne

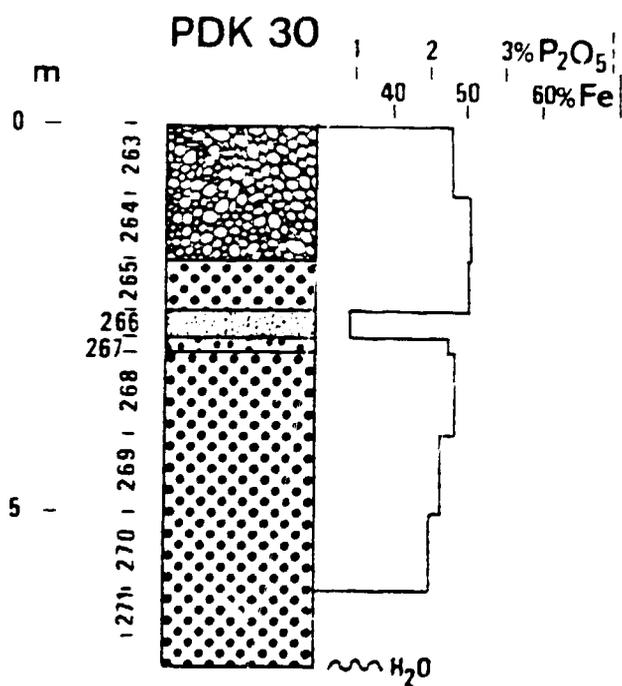
Oolithes de fer, indurées, environ 95 %  
d'oolithes environ 5 % de ciment argileux  
limonitisé, couleur rouge-brun foncé

Pisolithes de fer, légèrement indurées,  
environ 50 % de pisolithes et 30 % à 40 %  
d'oolithes, à ciment argileux, couleur brun

Oolithes de fer, indurées,  
Grès, grossier, légèrement indurées,  
Oolithes de fer, argilo-sableux

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres,  
à ciment argileux, couleur gris-brun

à partir de 8,00 m nappe souterraine



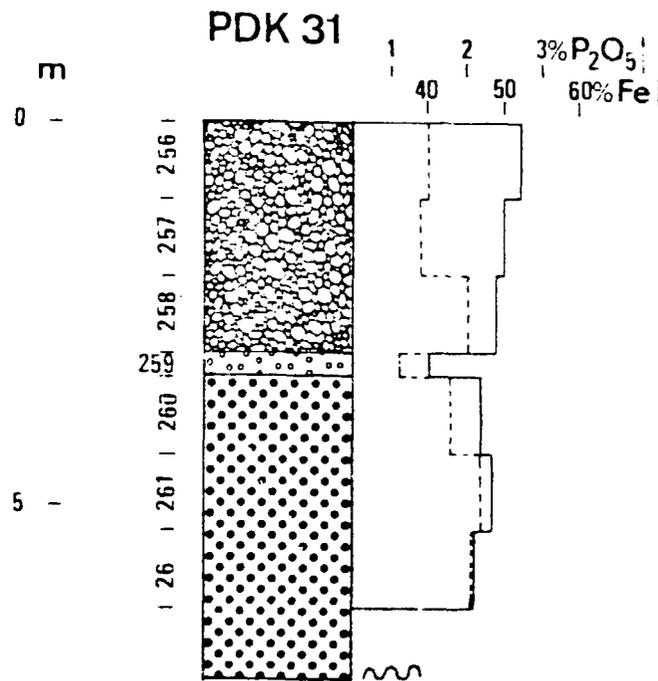
Oolithes de fer, indurées, environ 90 % à  
95 % d'oolithes, à ciment argileux limo-  
nitisé, couleur brun foncé

Pisolithes de fer, légèrement indurées, couleur  
brun foncé

Grès, grossier, modérément indurées  
Oolithes de fer, argilo-sableuses,

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres,  
à ciment argileux, couleur gris-brun

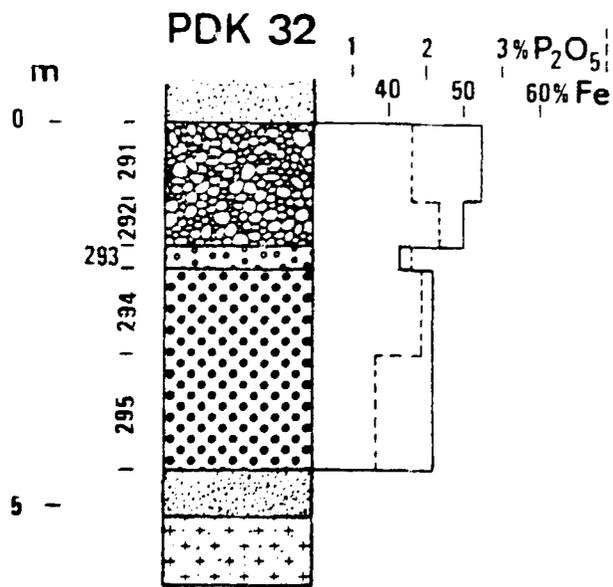
à partir de 7,00 m nappe souterraine



Oolites de fer, indurées, environ 90 % à 95 % d'oolithes, couleur rouge-brun foncé

Oolites de fer, argilo-sableuses, Oolites de fer, pisolithiques, tendres, environ 30 % de pisolithes et environ 30 % d'oolithes, à ciment argileux

très argileux  
à partir de 7,10 m nappe souterraine



Sable dunaire fin à moyen

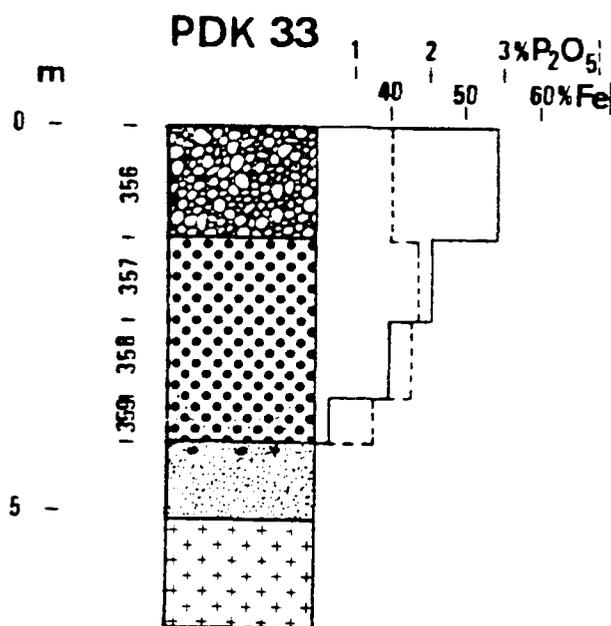
Oolites de fer, modérément indurées, environ 90 % à 95 % d'oolithes, environ 5 % à 10 % de ciment argilo-limonitisé

Oolites de fer, indice de bioturbation Oolites de fer, pisolithiques, légèrement indurées, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu' à 5 % vers la base

Grès, fin à moyen, oolithique et pisolithique

Grès, à ciment argileux kaolinitisé, couleur gris à blanchâtre, socle altéré



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, indice d'incrustations de fer, couleur rouge-brun foncé

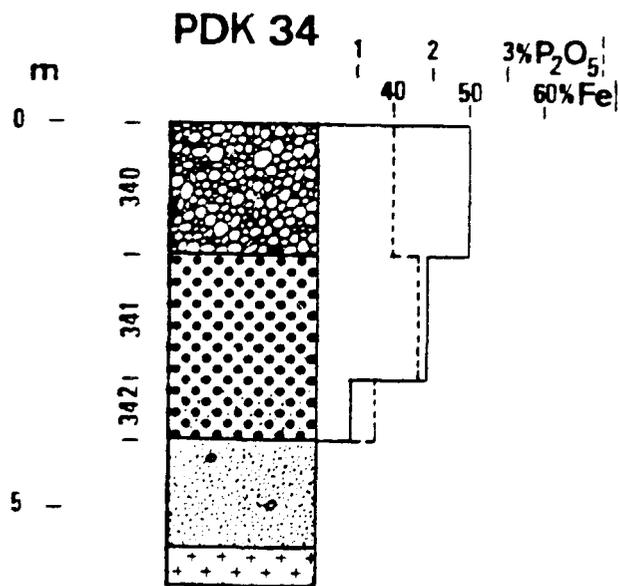
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, environ 40 % de pisolithes et 30 % d'oolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu' à 10 % vers la base

— Grès, oolithique et pisolithique

Grès, moyen à grossier, rouge clair à brun clair

— Argile kaolinisée, sableuse, blanchâtre, socle altéré



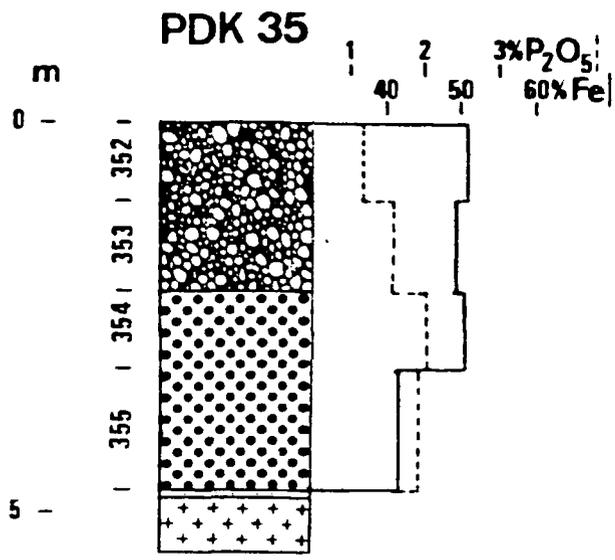
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes environ 5 % de ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

— Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu' à 30 % vers la base

Grès, de granulométrie moyenne, avec de rares oolithes, couleur rouge clair

Grès, à ciment argileux kaolinisé, socle altéré

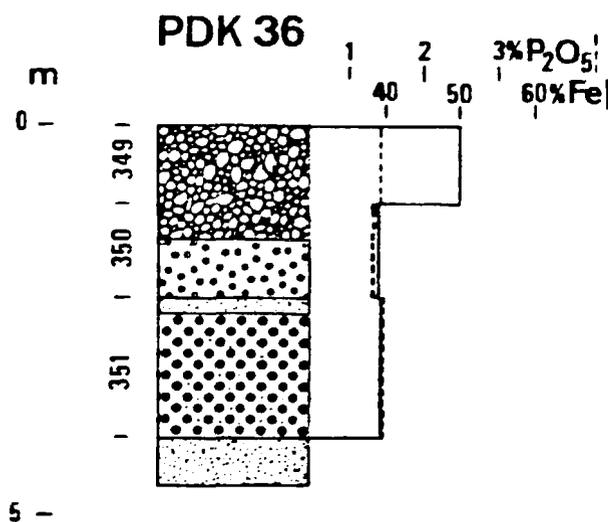


Oolites de fer, indurées, environ 25 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, indice d'incrustations de fer, couleur rouge-brun foncé

Oolites de fer, pisolithiques, tendres environ 40 % de pisolithes et 30 % d'oolithes, à ciment argileux, couleur gris-brun augmentation en sable siliceux jusqu'à 50 % vers la base

Grès, fin à moyen, rouge

Grès, moyen, blanc à gris-rouge, socle altéré



Oolites de fer, modérément indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, légèrement silteuses, couleur rouge-brun foncé

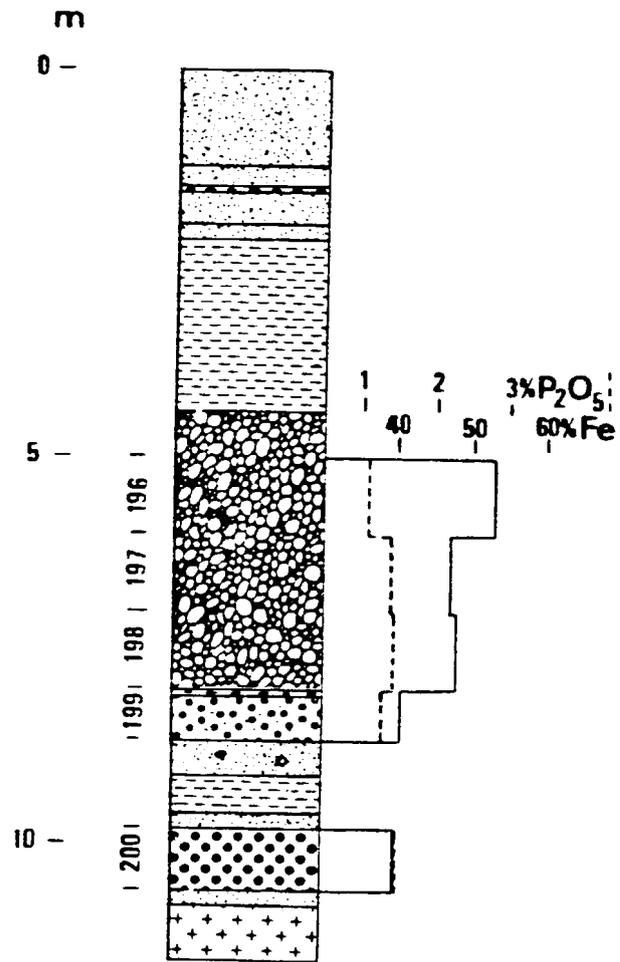
Oolites de fer, sableuses, indice d'incrustations de fer

Grès, fin, rouge foncé

Oolites de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, couleur gris-brun augmentation en sable siliceux jusqu'à 20 %

Grès, avec de rares oolites et pisolithes, brun

## PDK 37



## Annexe B 3.21

Grès fin, argileux, rouge à blanchâtre

— Grès de granulométrie fine, brun-clair  
— Argile

— Grès fin, de granulométrie fine, rouge

— Argile, légèrement silteuse, blanche à brun clair

— Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux, couleur brun clair

— Argile, limonitisée

— Oolithes de fer, sableuses, à ciment arg. limonitisé

— Grès fin, avec quelques oolithes, brun clair

— Argile, blanche

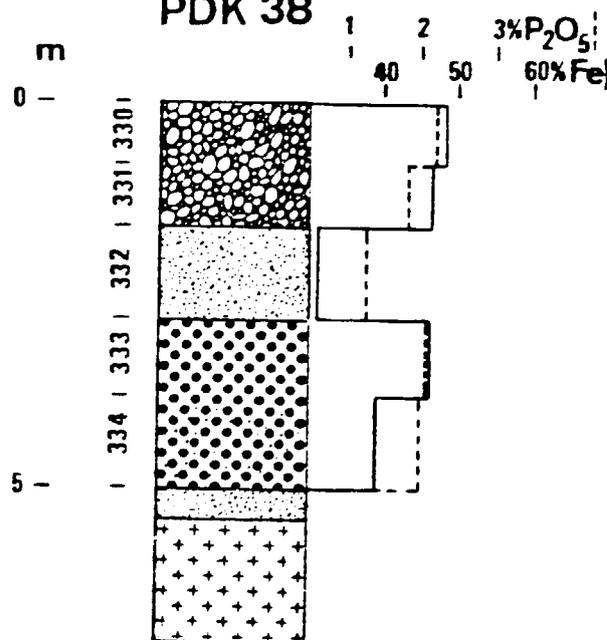
— Grès fin, argileux, brun clair

— Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, à ciment argileux, couleur gris-brun

— Grès, argilo-silteux, brun

— Grès, fin à moyen, argileux, couleur gris à blanchâtre, socle altéré

## PDK 38



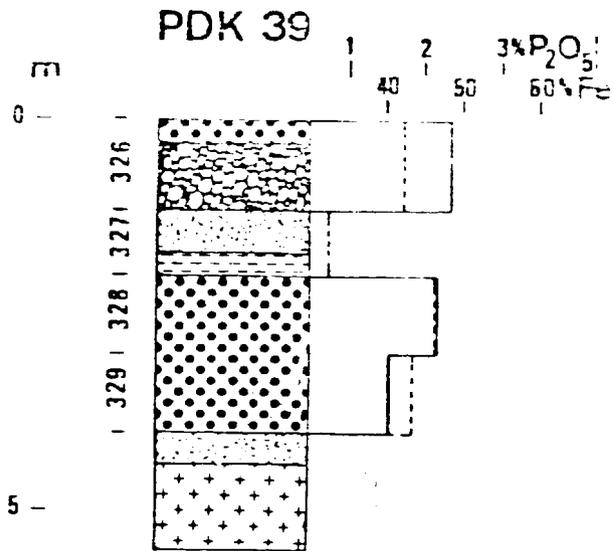
Oolithes de fer, indurées, 90 % à 95 % d'oolithes, 5 à 10 % de ciment argileux limonitisé, couleur rouge-brun foncé

— Grès, moyen à grossier, légèrement oolithique, indice de bioturbation

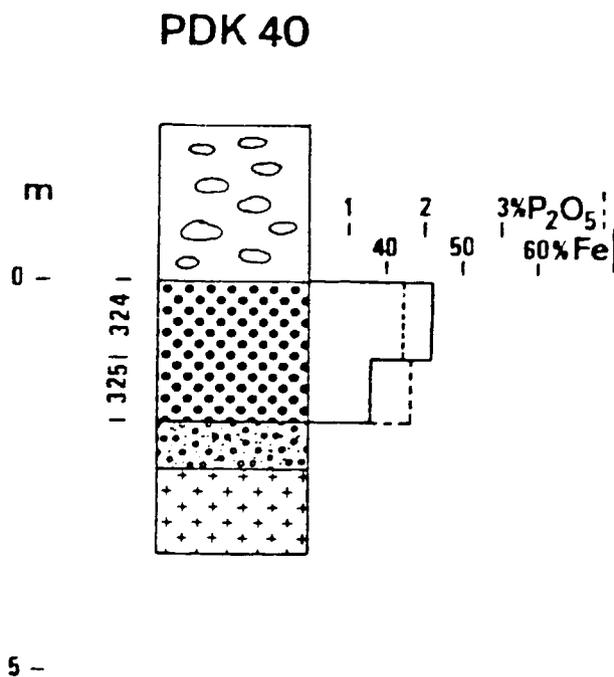
— Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, légèrement sablo-silteuses, à ciment argileux, couleur gris-brun augmentation en sable siliceux jusqu'à 10 % vers la base

— Grès, fin à moyen, brun clair

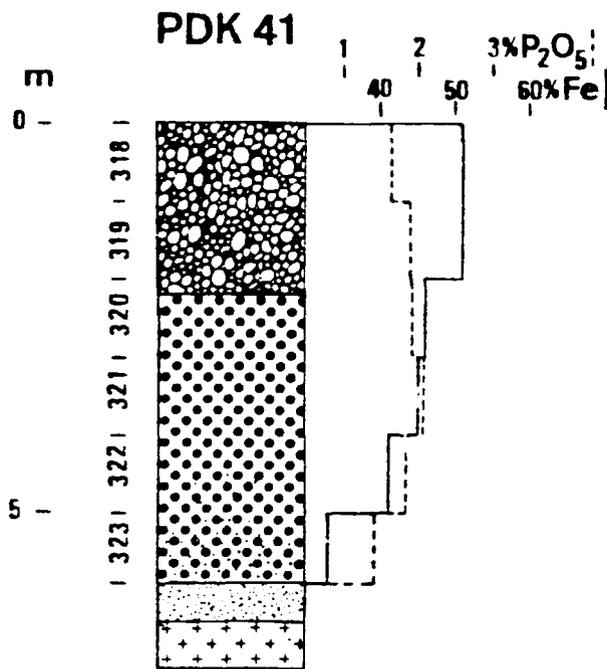
— Argile kaolinisée, sableuse, gris clair à blanchâtre, socle altéré



- Oolithes de fer, modérément indurées, brun foncé
- Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes environ 5 % de ciment argileux limonitisé, brun foncé
- Grès, fin à moyen, brun clair
- Argile, silteuse, couleur jaune
- Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, légèrement sableuses, gris-brun
- Grès, fin à moyen, brun clair
- Grès, à ciment argileux kaolinitisé, socle altéré



- Gravier de la terrasse du Niger
- Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, légèrement sableuses, à ciment argileux, gris-brun
- Oolithes de fer, très sableuses, indice d'incrustation de fer
- Grès, à ciment argileux kaolinitisé, brun clair à blanc, socle altéré



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

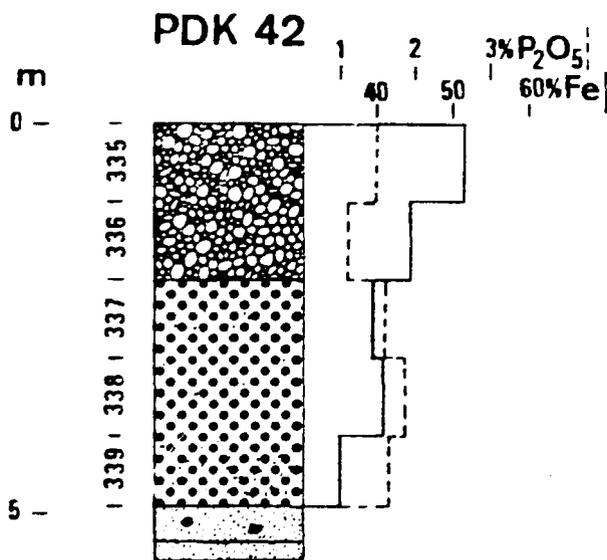
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 20 %

jusqu'à 30 %

Grès, fin à moyen

Grès, à ciment argileux kaolinitisé, blanc à rouge clair, socle altéré



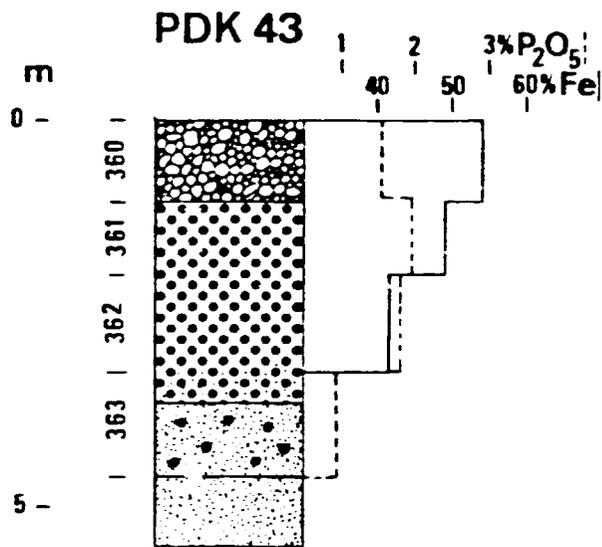
Oolithes de fer, modérément indurées, 90 à 95 % d'oolithes, 5 à 10 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, légèrement sableuses, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 30 %

Grès, oolithique et pisolitique

Grès, fin à moyen, rouge



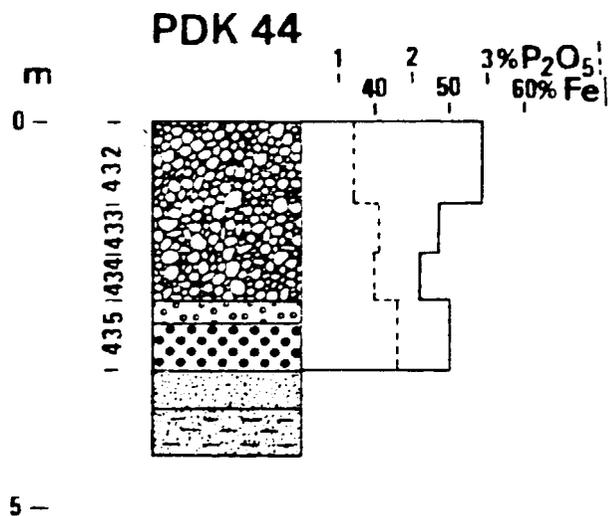
Oolithes de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes, environ 10 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, silteuses, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux, jusqu'à 20 %

Grès, oolithique et pisolithique, argileux, brun clair

Grès, de granulométrie moyenne, rouge



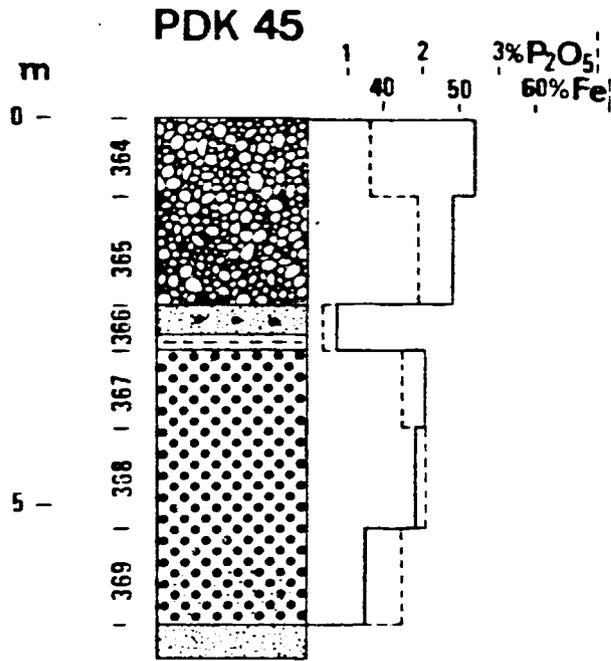
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Oolithes de fer, sableuses, à ciment argileux

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, gris-brun

Grès, légèrement argileux

Argile, très sableuse, couleur jaune-brun



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, brun foncé

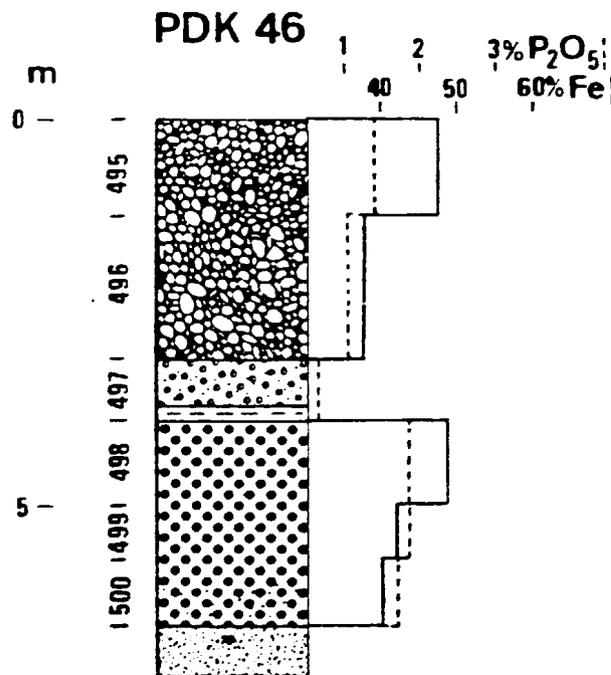
Grès, grossier, brun clair

Argile, sablo-silteuse

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, environ 85 % d'oolithes et de pisolithes, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux, jusqu'à 15 %

Grès, moyen, gris-brun



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, brun foncé

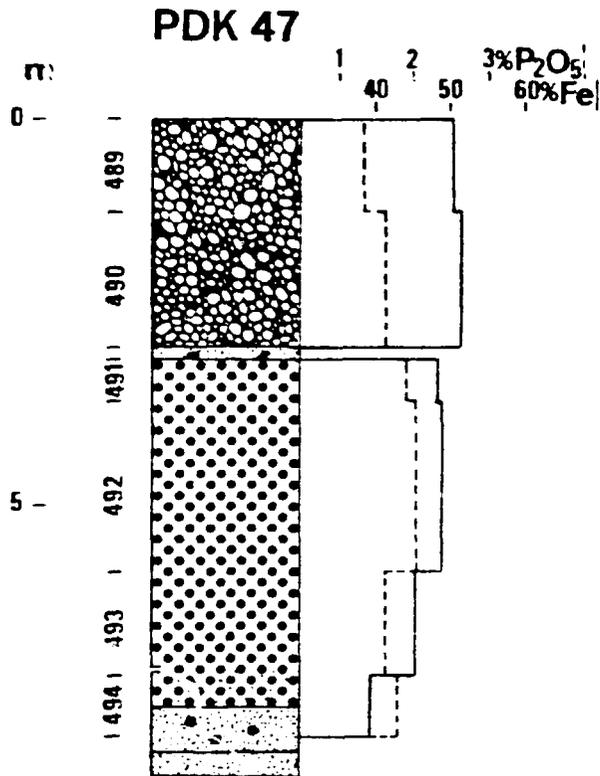
très sableuses

Oolithes de fer, très sableuses

Argile, sableuse

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, environ 45 % de pisolithes, à ciment argileux, sableuses, gris-brun

Grès, fin à moyen, argileux, brun clair



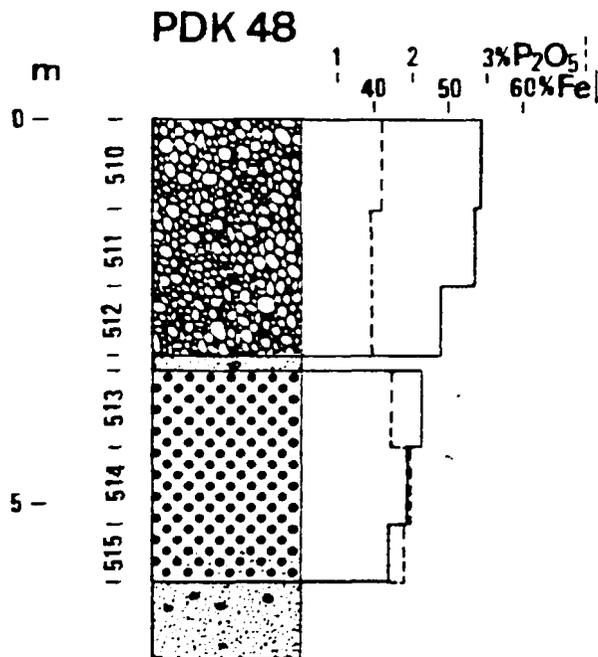
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, fin à moyen, oolithique

Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, à ciment argileux, gris-brun

Grès, oolithique et pisolithique

Grès, fin à moyen, gris-blanc



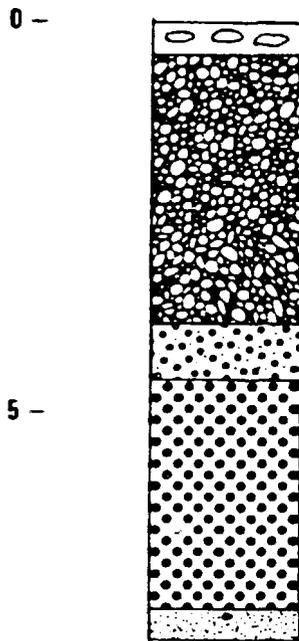
Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, fin à moyen

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

Grès, fin à moyen, argileux, avec quelques oolithes et pisolithes

# PDK 49



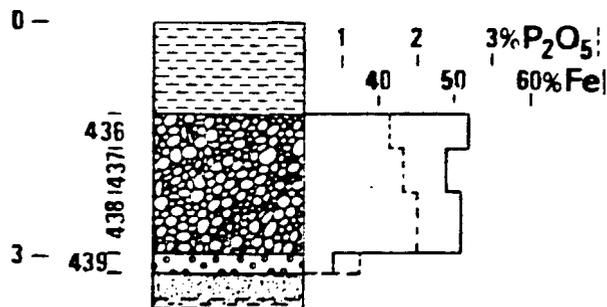
Gravier de la terrasse du Niger  
Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes,  
 environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-  
 brun foncé

Oolites de fer, sableuses

Oolites de fer, pisolithiques, tendres, à ciment  
 argileux, légèrement sableuses, gris-brun

Grès, de granulométrie fine, oolithique et pisoli-  
 thique

# PDK 50



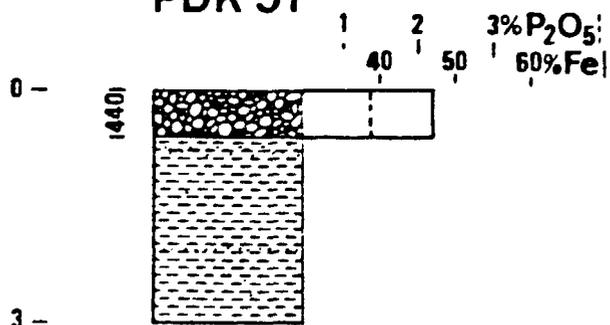
Argile, silteuse, brun clair

Oolites de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes,  
 environ 10 % de ciment argileux limonitisé, brun foncé

Oolites de fer, sableuses

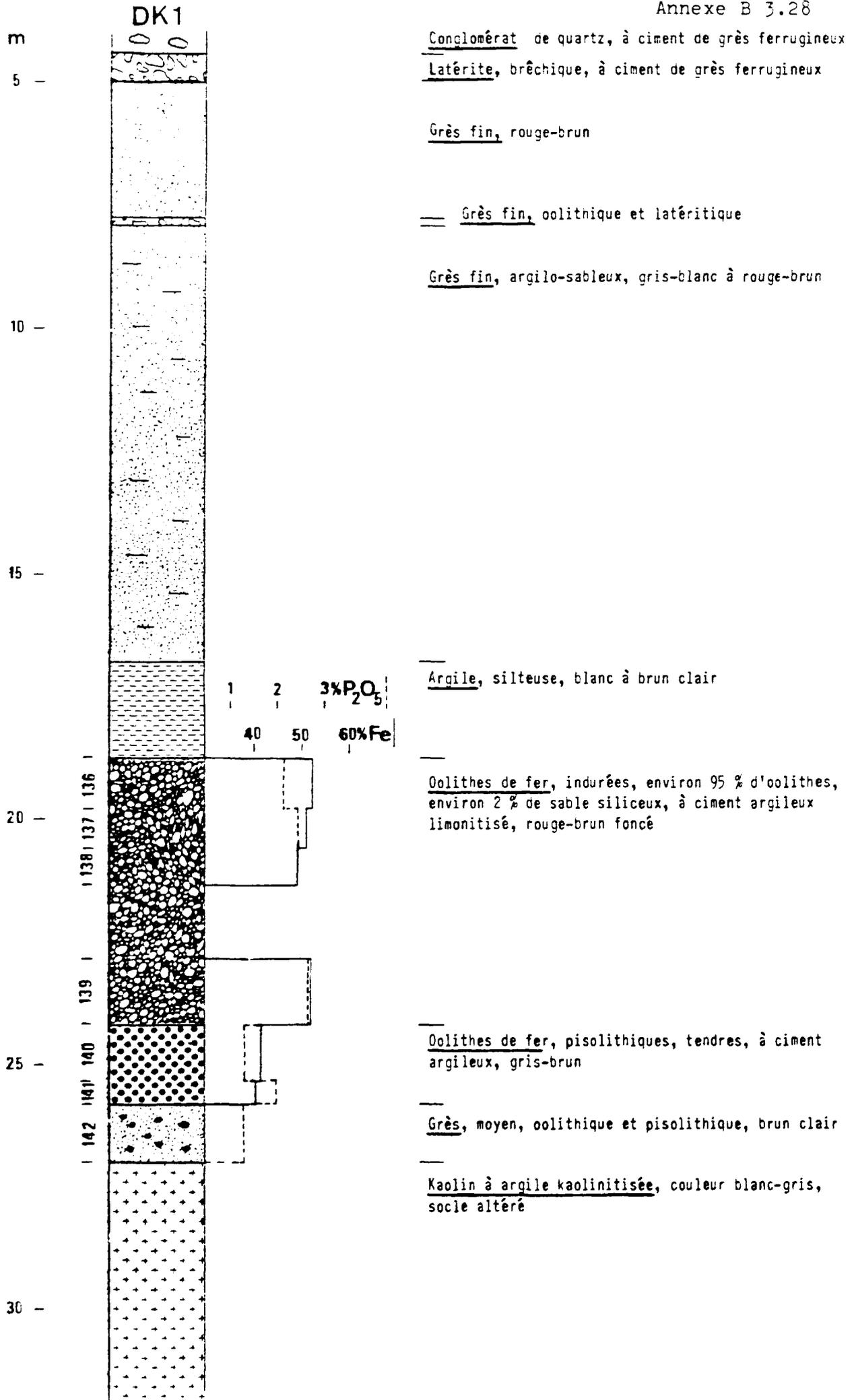
Grès, moyen, argileux, rouge-brun

# PDK 51

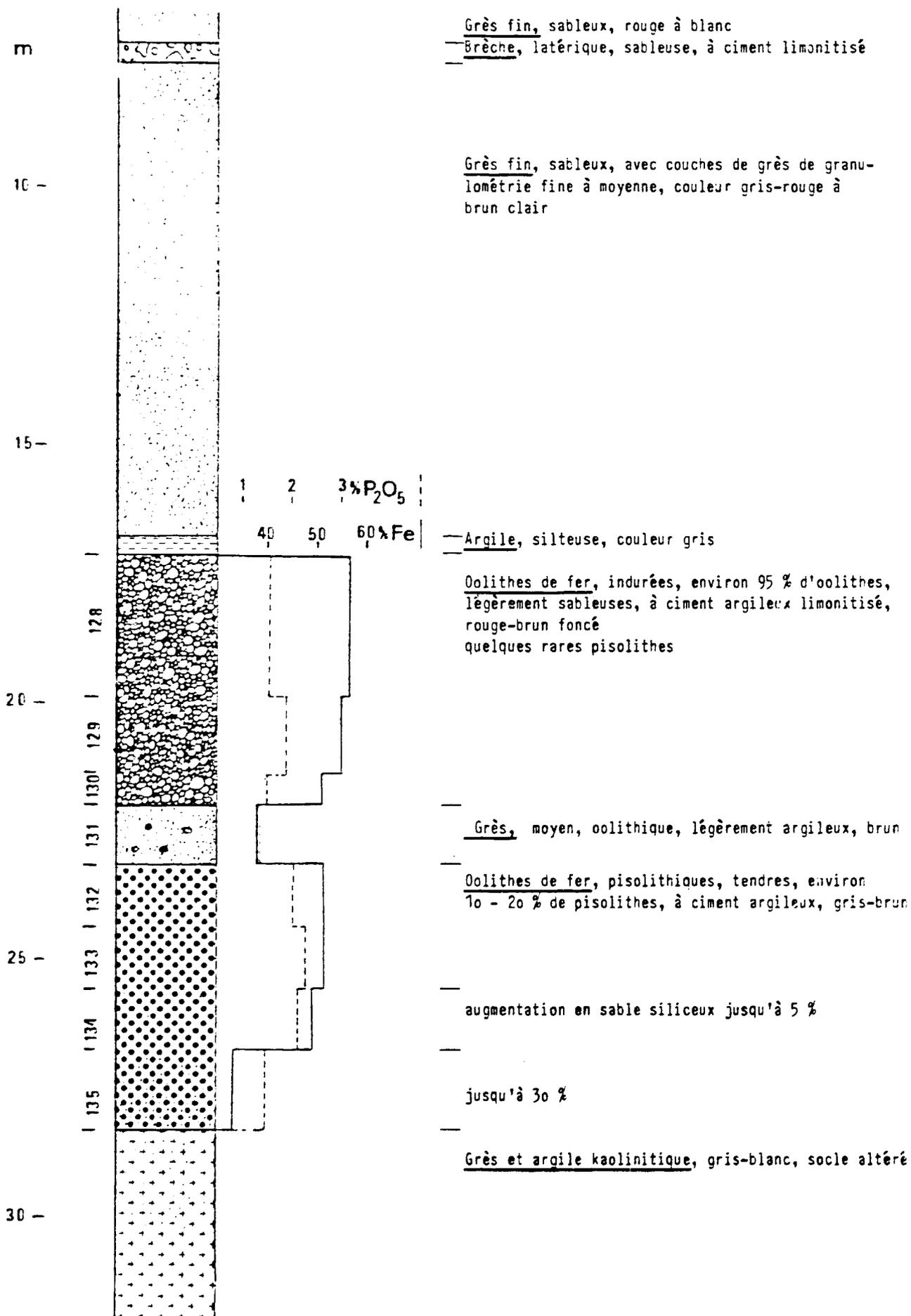


Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes

Argile, sablo-silteuse, brun clair



DK2



m

# DK 3

## Annexe B 3.30

5 -

Grès fin, argilo-sableux, blanc à rouge-brun clair

10 -

Oolithes de fer, très sableuses, à ciment limonitisé

15 -

Grès fin, argilo-sableux, blanc à rouge-brun

20 -

Argile, silteuse, couleur gris-blanc

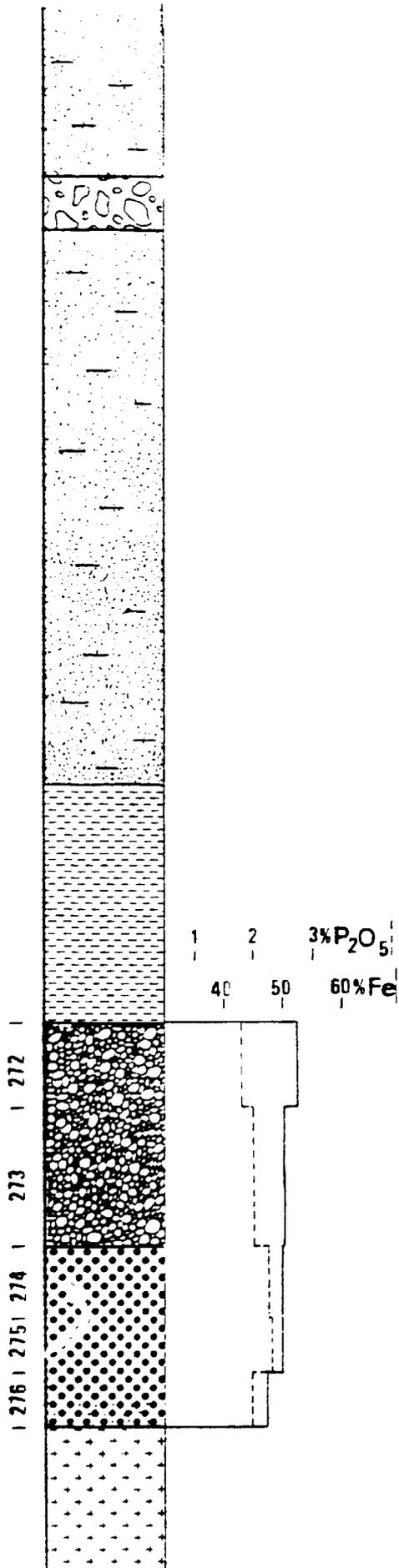
25 -

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, à ciment argileux, gris-brun

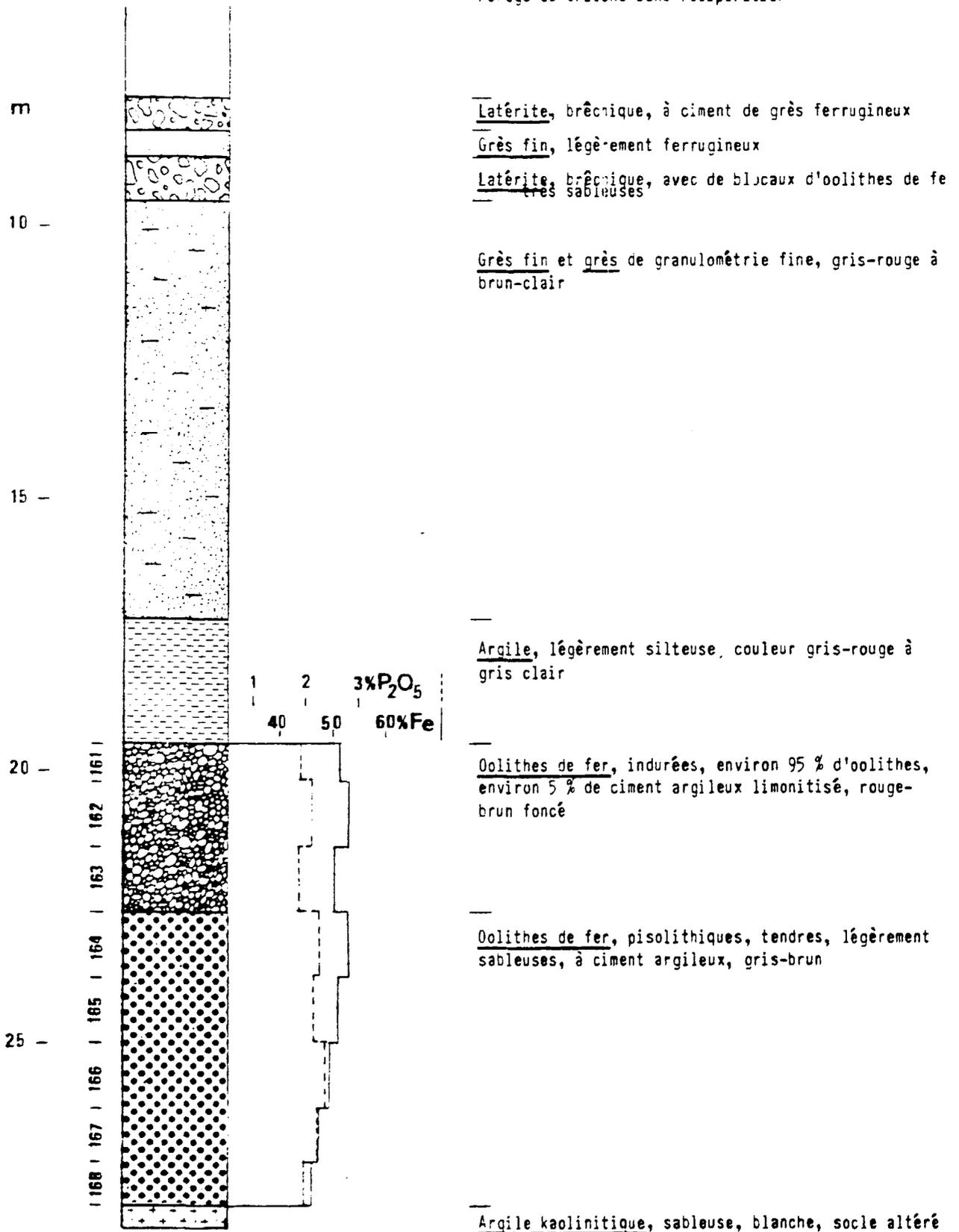
augmentation en sable siliceux jusqu'à 10 %

Kaolin à argile kaolinitique, blanc-brun, socle altéré

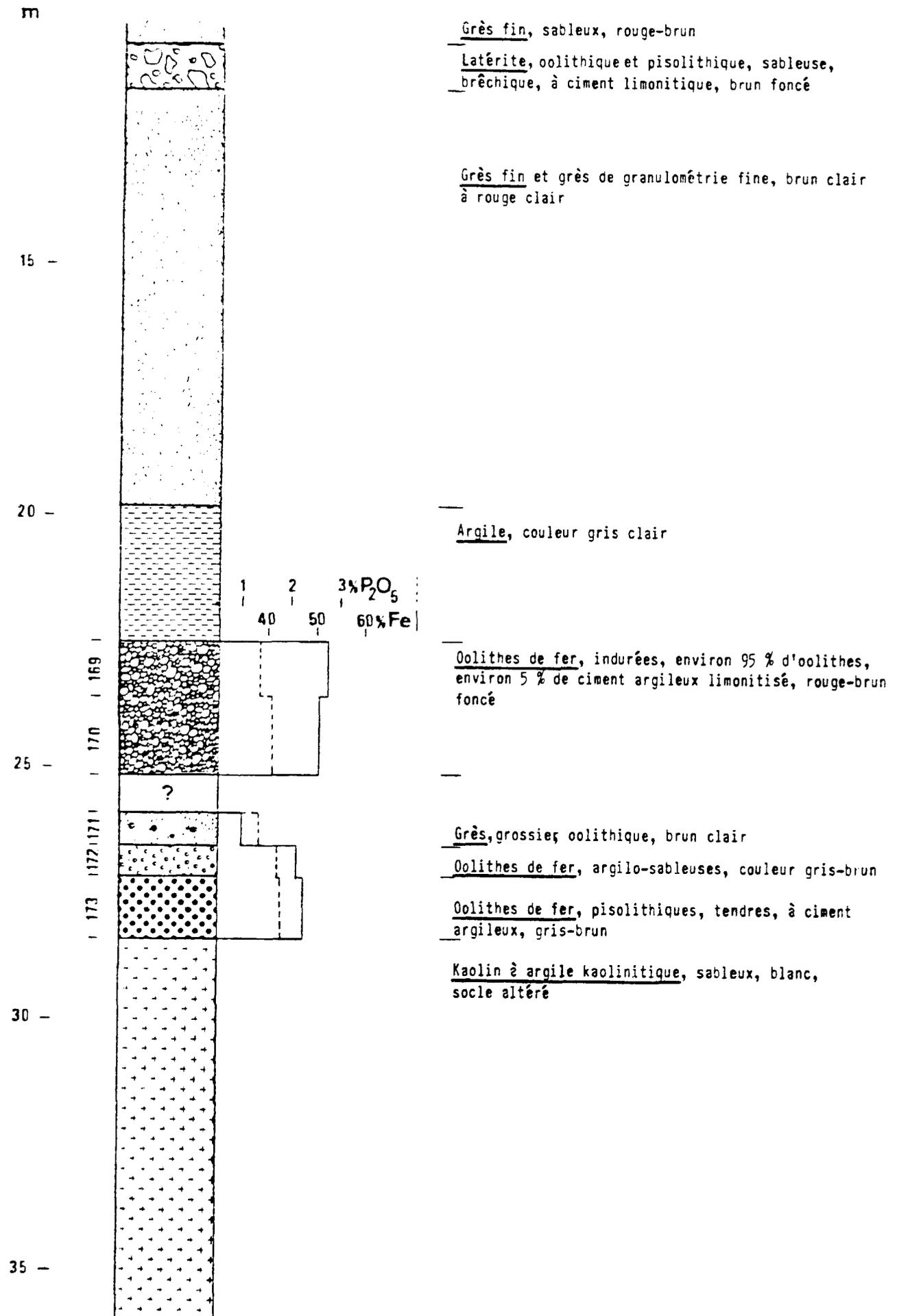


DK 4

Forage au tricone sans récupération



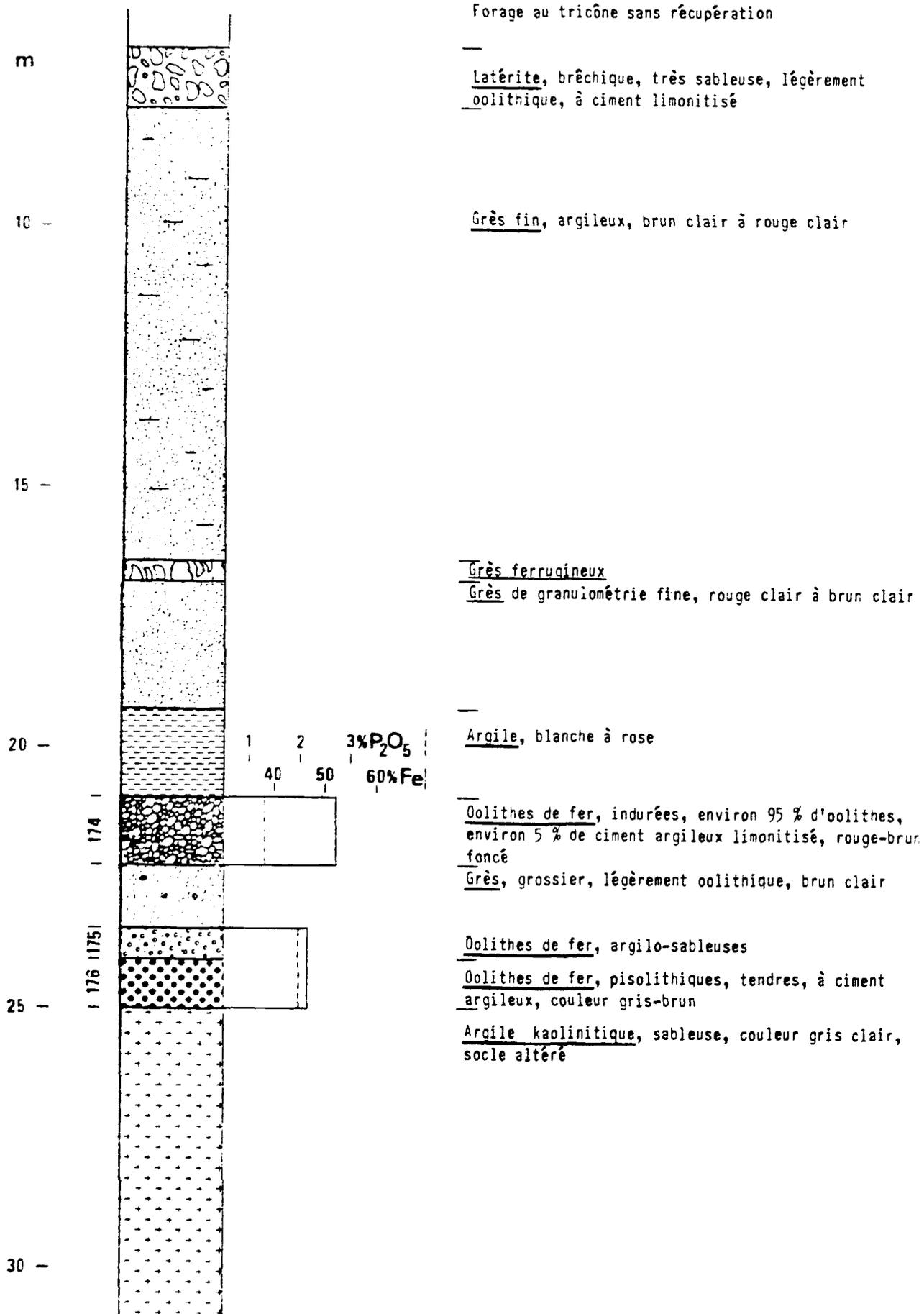
DK 5



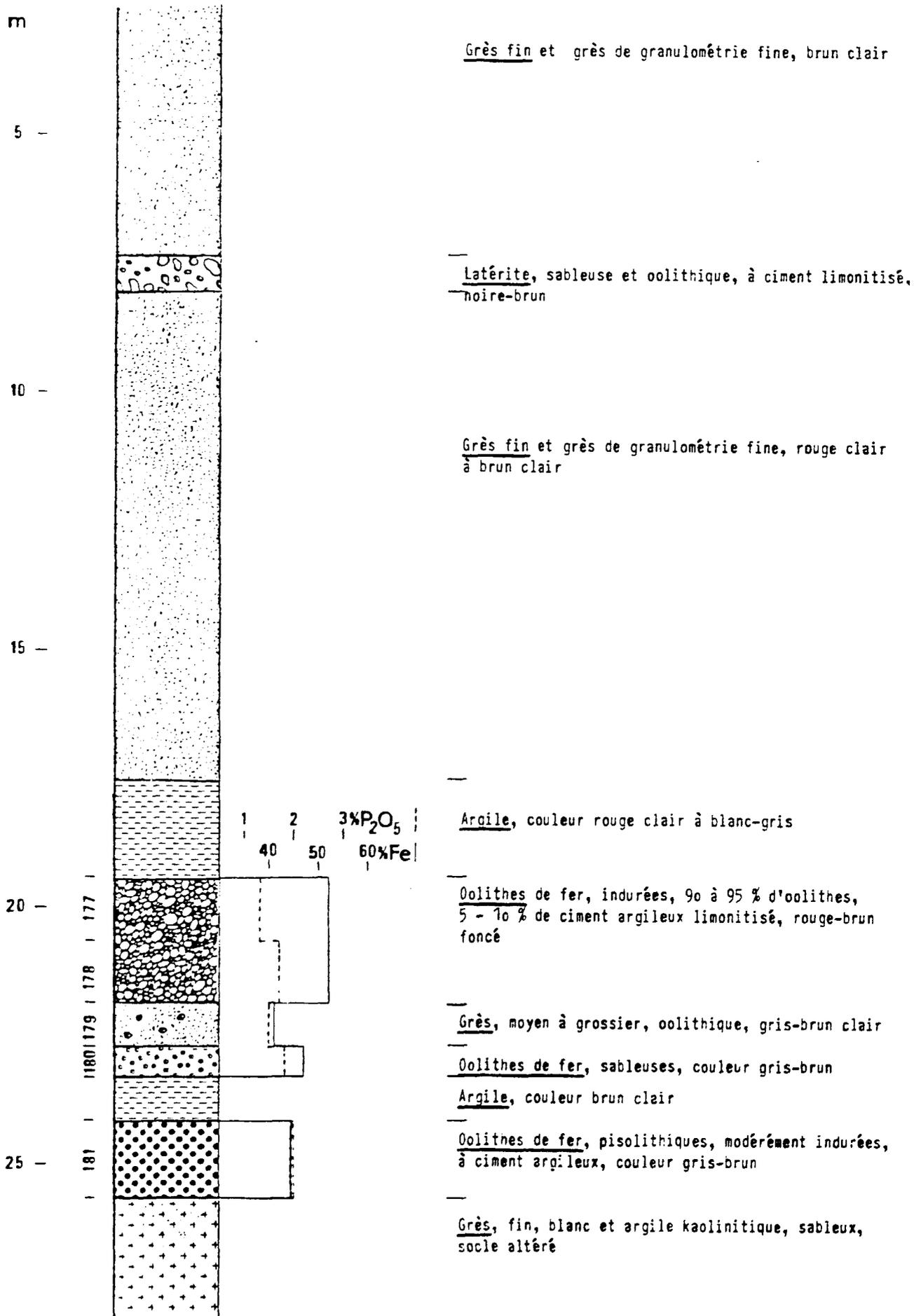
# DK 6

Annexe B 3.33

Forage au triconne sans récupération

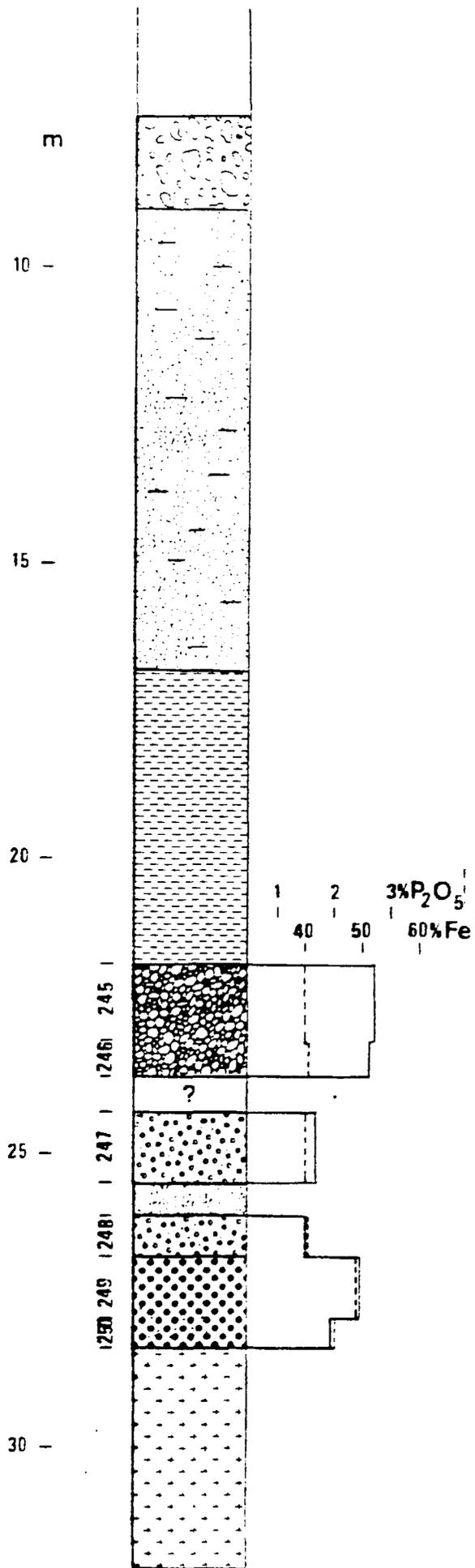


DK 7



DK 8

Annexe B 3.35



Forage au tricoté sans récupération

Latérite, avec galets siliceux, sableuse et oolithique, à ciment limonitisé

Grès fin, argileux, rouge clair à brun clair

Argile, silteuse, couleur gris-blanc à rougeâtre

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

pas de récupération

Oolithes de fer, sableuses, à ciment argileux, modérément indurées, gris-brun

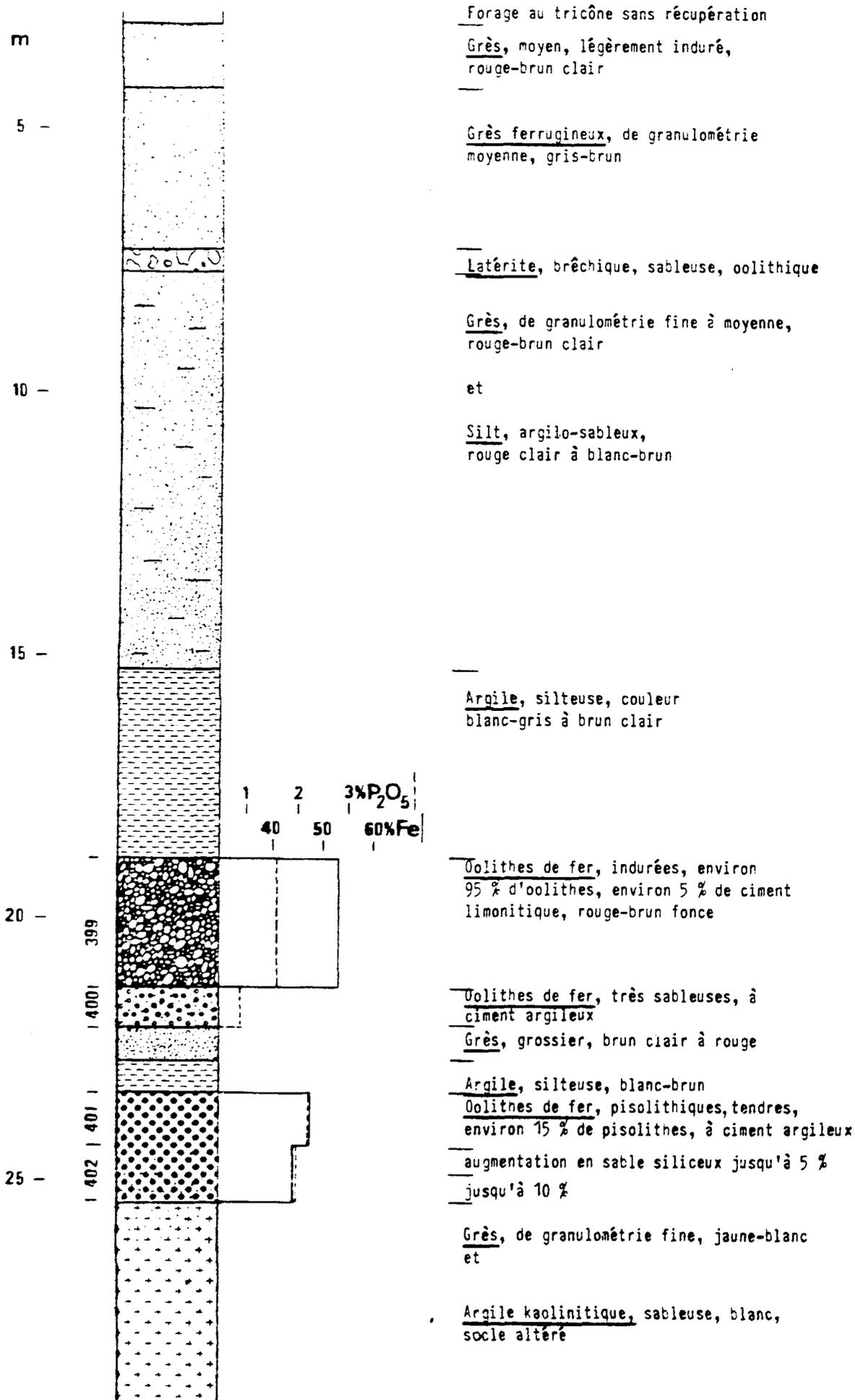
Grès, grossier, brun clair

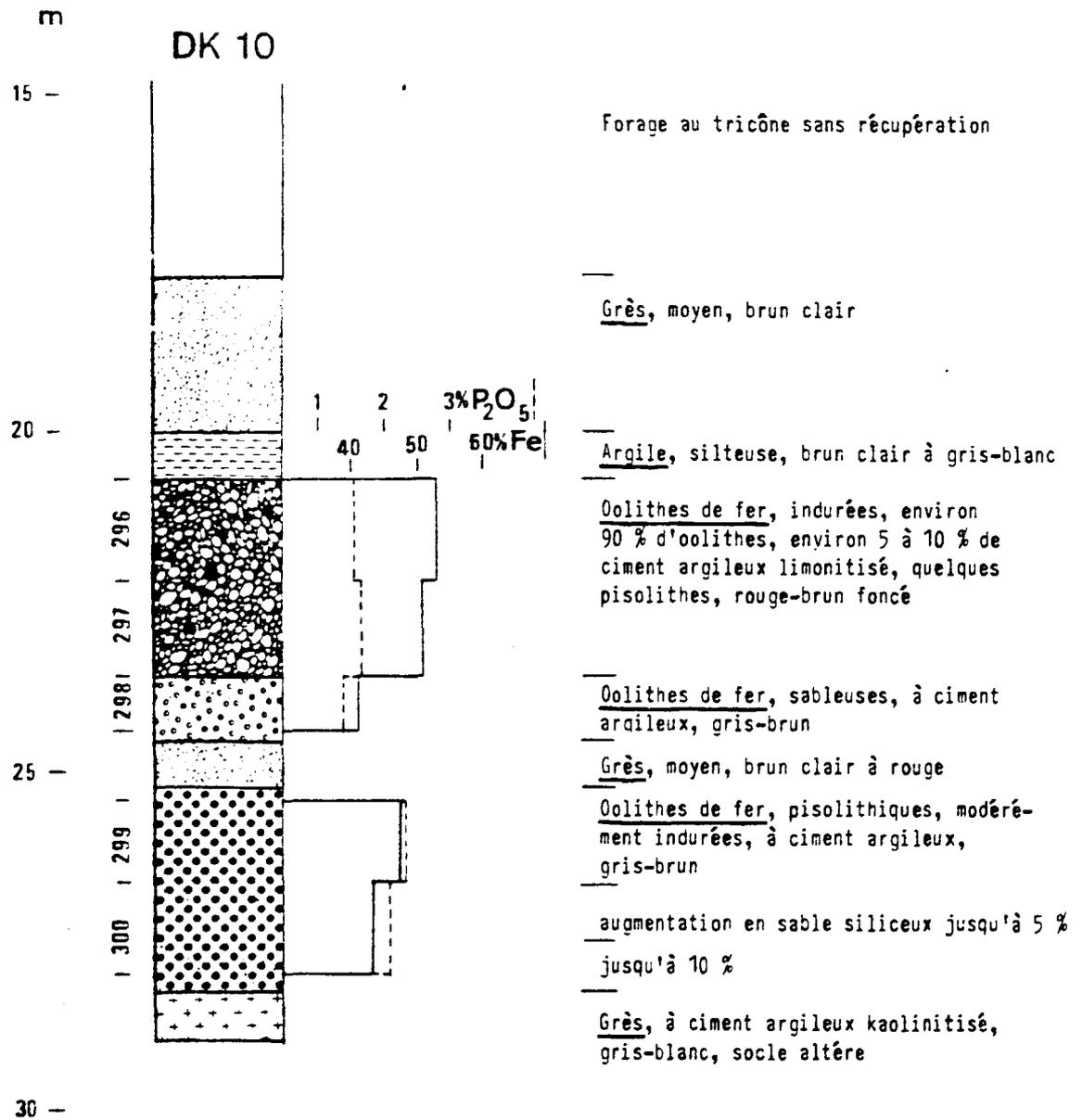
Oolithes de fer, sableuses, à ciment argileux, brun clair

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 5 %

Grès, moyen, à ciment argileux kaolinisé, blanc-gris, socle altéré





DK 11

Forage au tricône sans récupération

m

5 -

10 -

15 -

20 -

25 -

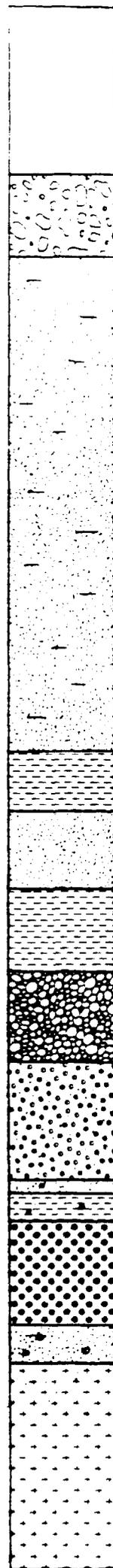
285

286

1288/287

289

1290/289



Latérite, bréchique, avec fragments de galets siliceux, sableuse, à ciment limonitique

Silt, argilo-sableux, gris clair à brun clair

et

Grès, de granulométrie fine à moyenne, rouge

Argile, grise à blanchâtre

Grès fin à grès de granulométrie fine à moyenne, brun clair à blanc

Argile, brun clair

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Oolithes de fer, modérément indurées, environ 70 à 80 % d'oolithes, 5 % de sable siliceux, à ciment argileux, gris-brun

Grès fin ferrugineux, légèrement oolithique  
Argile, silteuse, oolithique, brun clair

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

Oolithes de fer, très sableuses à grès oolithique, argileuses, gris-brun  
Grès à ciment argileux kaolinisé  
gris à blanchâtre, socle altéré

DK12

m

Forage au tricone sans récupération

5 -

Silt, argileux,  
rouge à gris clair

10 -

15 -

1 2 3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
40 50 60% Fe

157

Argile, blanc à gris clair  
Oolithes de fer, indurées, 90 à 95 %  
d'oolithes, 5 à 10 % de ciment argileux  
limonitisé, quelques pisolithes,  
rouge-brun foncé

20 -

pas de récupération

158

Oolithes de fer, indurées, 90 à 95 %  
d'oolithes, 5 à 10 % de ciment argileux,  
pisolithiques, rouge-brun foncé  
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment  
argileux, gris-brun

159

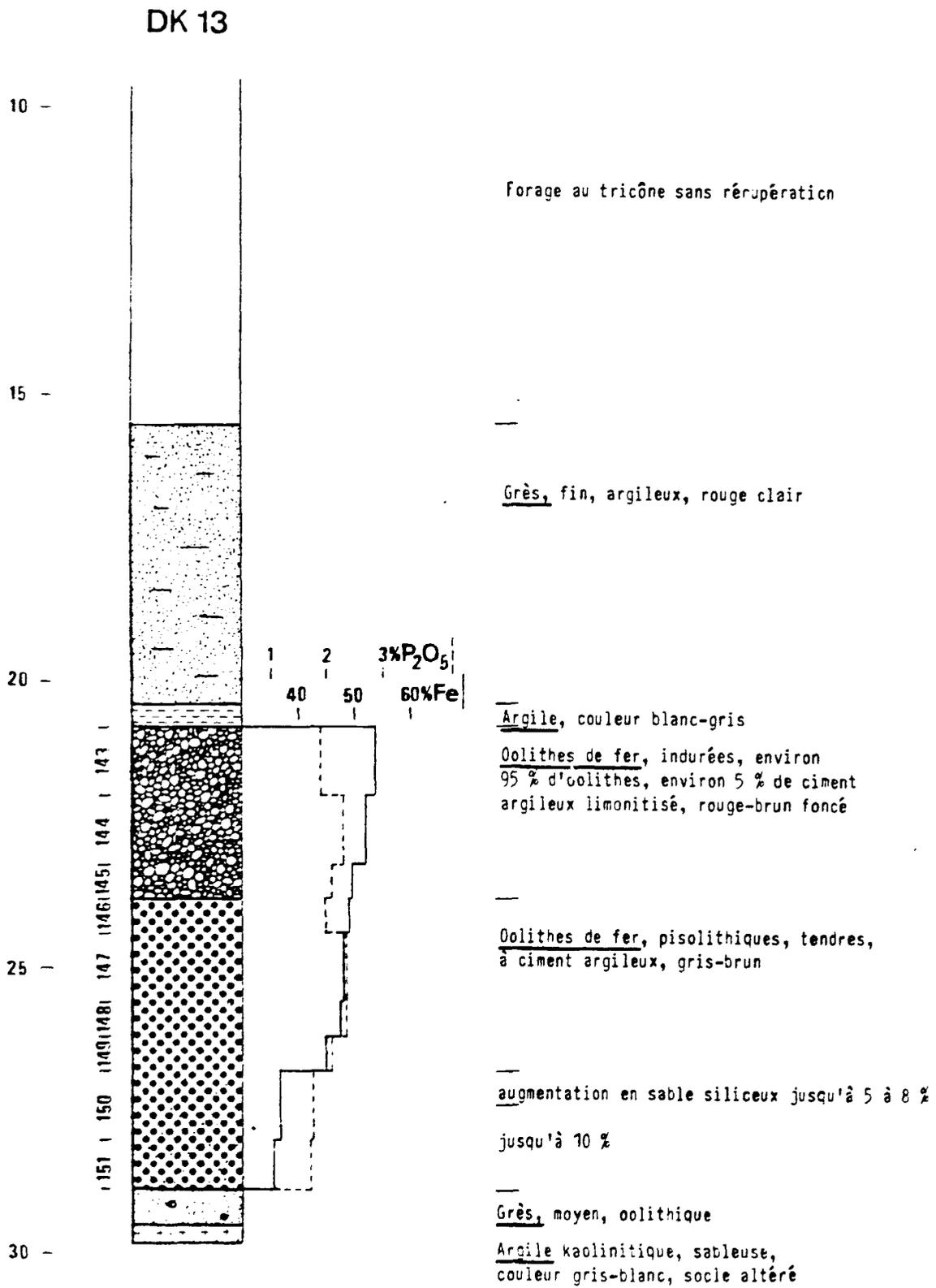
160

Grès, moyen oolithique et pisolithique,  
brun

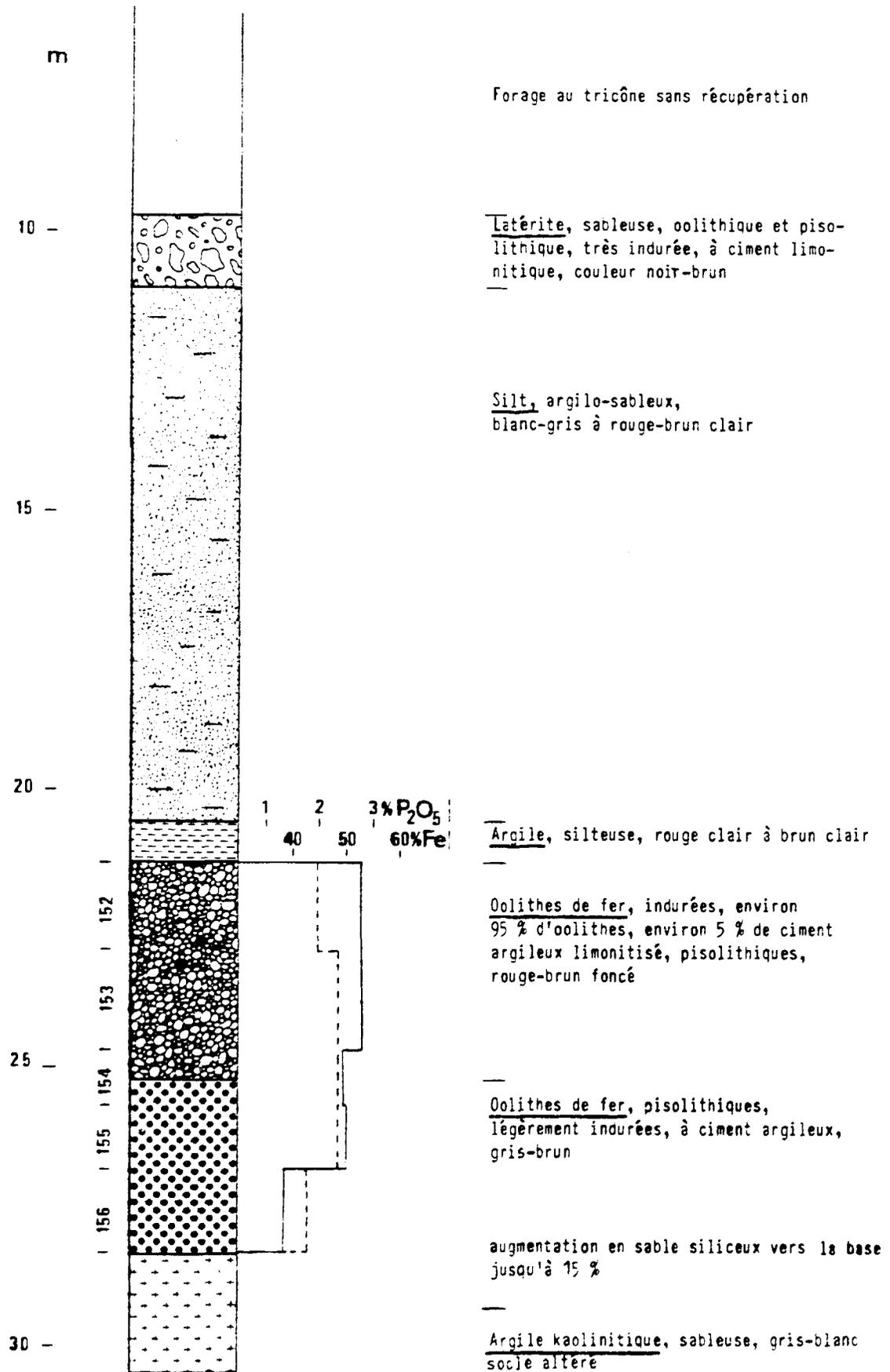
25 -

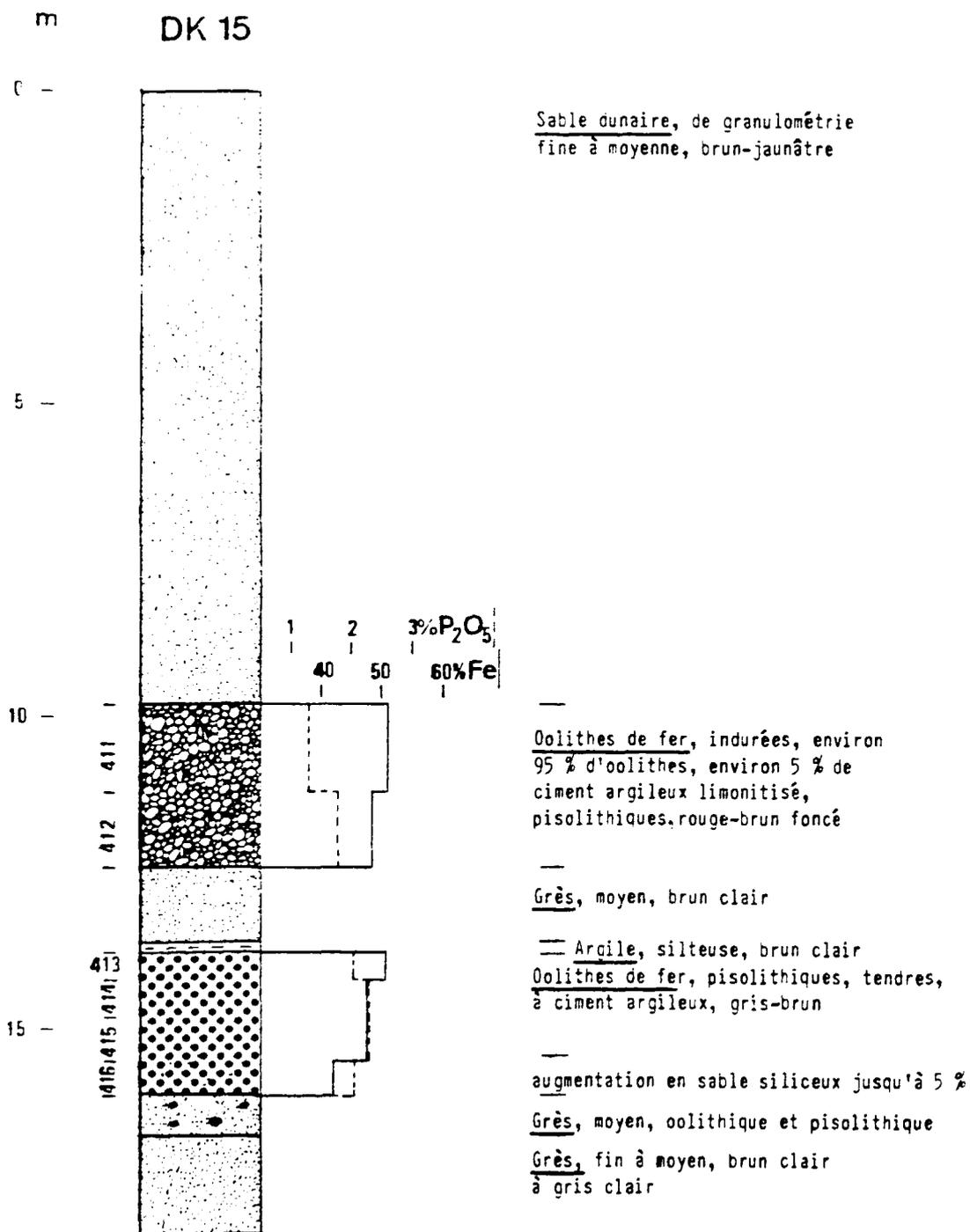
Grès à ciment argileux kaolinisé,  
blanc-gris, socle altéré





DK 14





DK 16

m

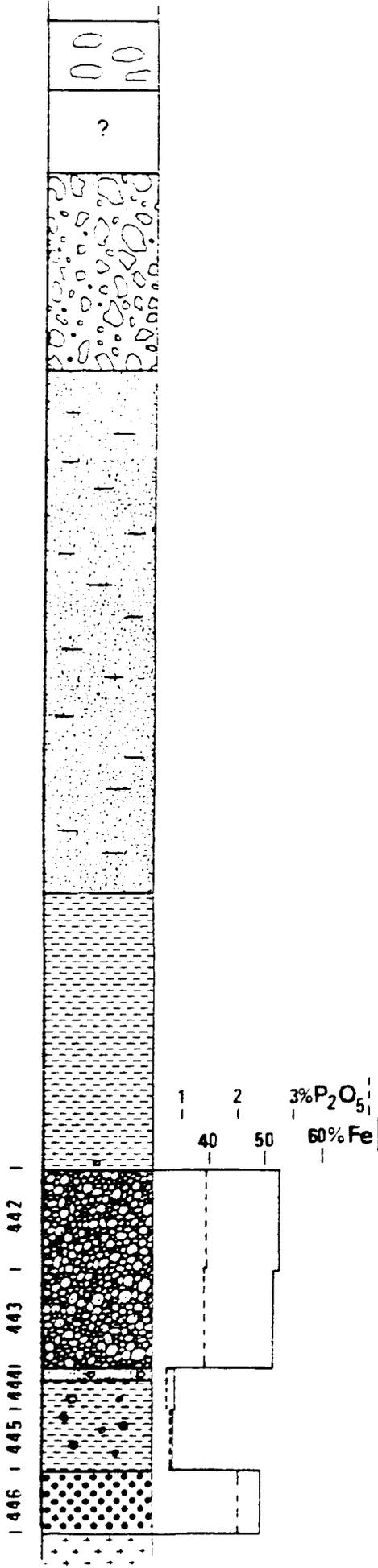
15 -

20 -

25 -

30 -

35 -



— Conglomerat, sableux, rouge-brun foncé

— pas de récupération

— Latérite, grès ferrugineux et des fragments d'oolithes très sableuses, à ciment limonitique, brun foncé

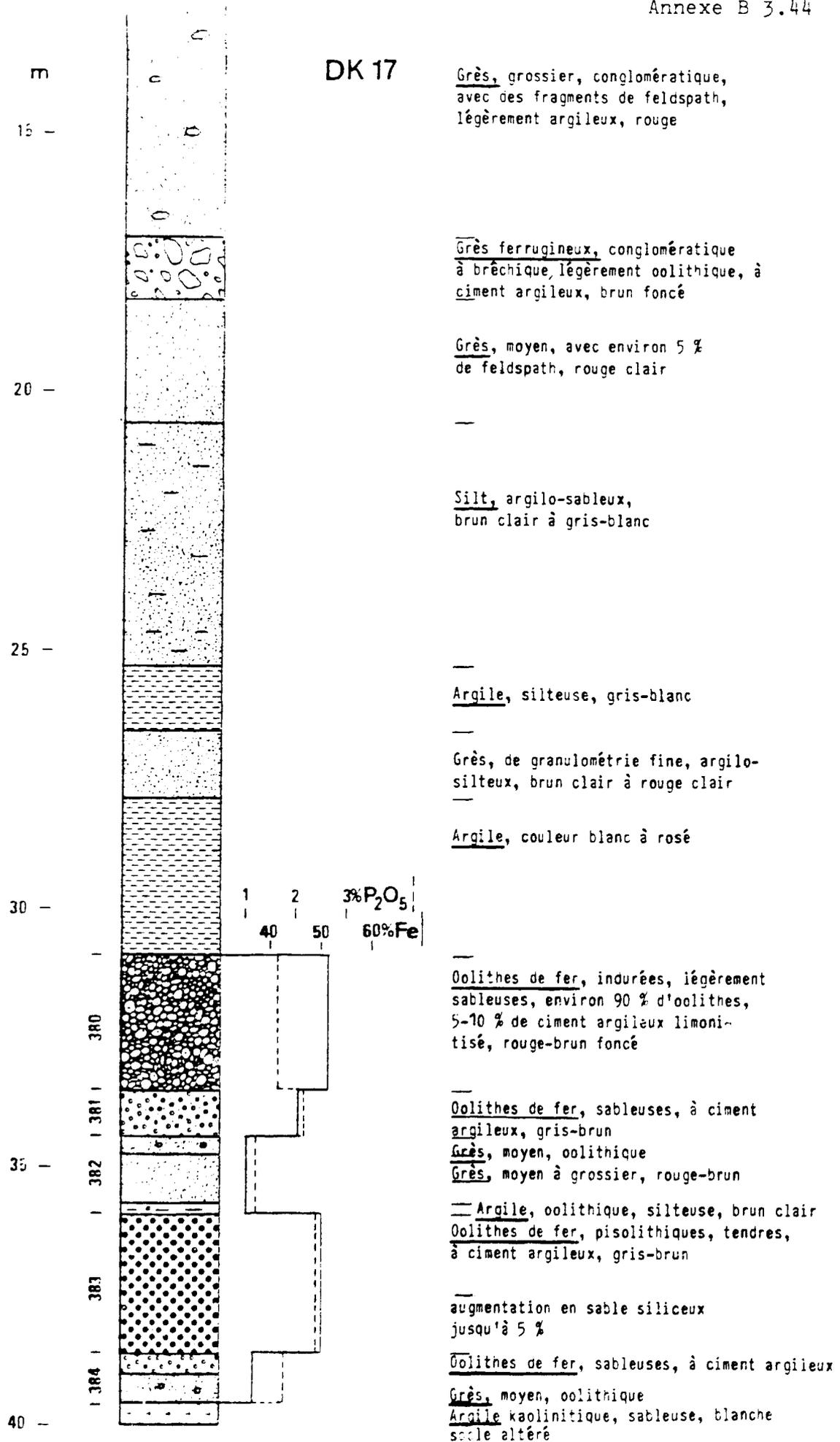
— Silt, argilo-sableux, brun clair à gris-blanc

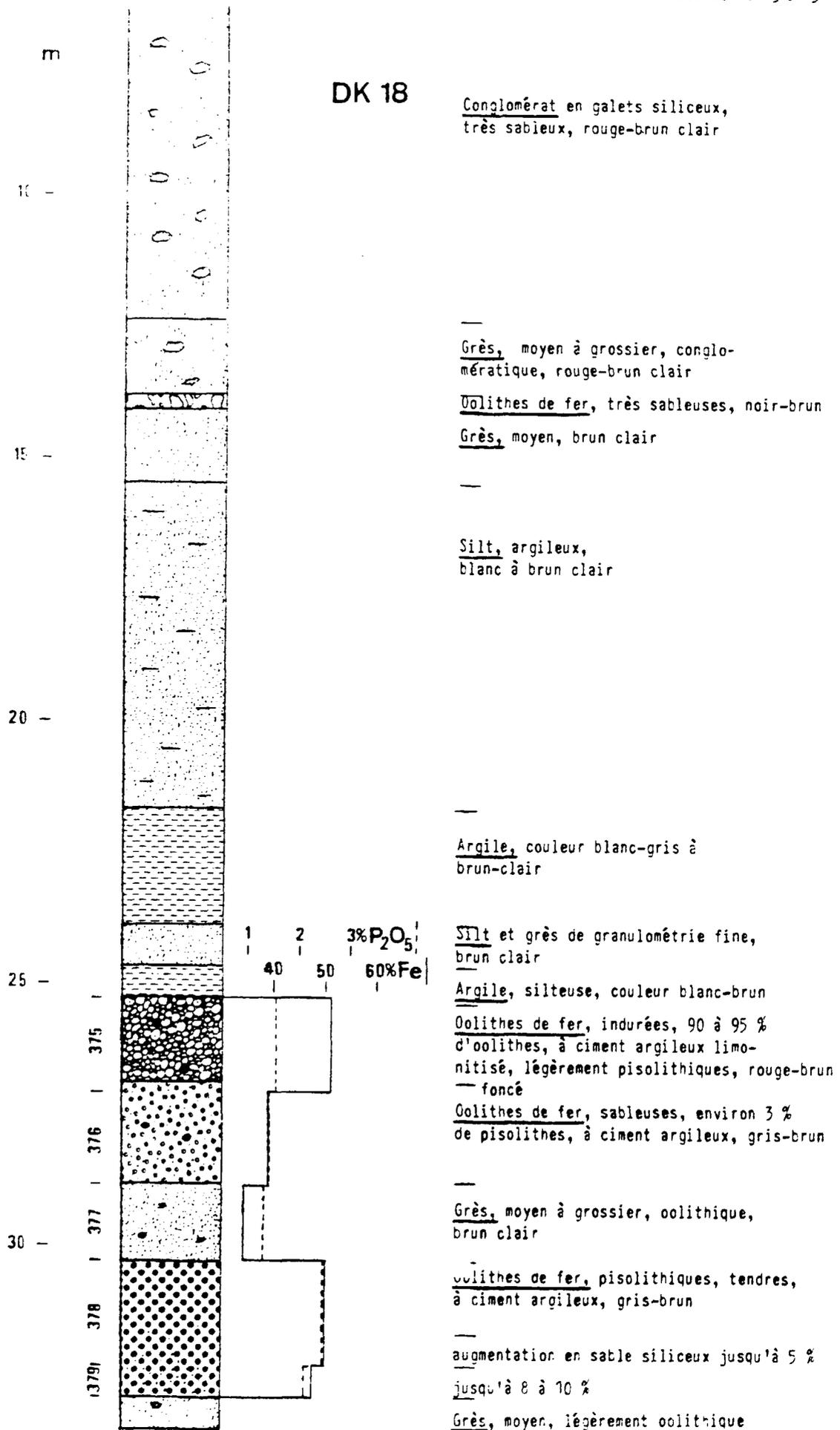
— Argile, silteuse, couleur gris-blanc à rosé

— Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, sableuses, rouge-brun foncé

— Grès, oolithique, argileux  
Argile, oolithique et pisolithique, silteuse, brune

— Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun  
Argile kaolinique, blanche, socle altéré



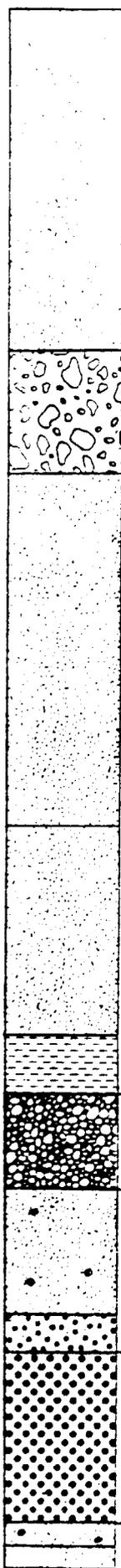


m

DK 19

Annexe B 3.46

0 -  
5 -  
10 -  
15 -  
20 -  
25 -



Sable dunaire, de granulométrie moyenne, brun clair

Latérite, brêchique, avec des galets siliceux, sableuse et oolithique, à ciment limonitique

Grès fin, argileux, blanc-gris à brun clair

Grès de granulométrie fine à moyenne, brun clair

Argile, silteuse, gris clair à brun clair

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, environ 5 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, moyen à grossier, légèrement oolithique, brun

Oolithes de fer, tendres, à ciment argileux, diamètre des oolithes est de 0,3 à 0,5 mm

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 5 %

Grès, fin à moyen, oolithique  
Grès, fin à moyen, brun clair à gris-blanc

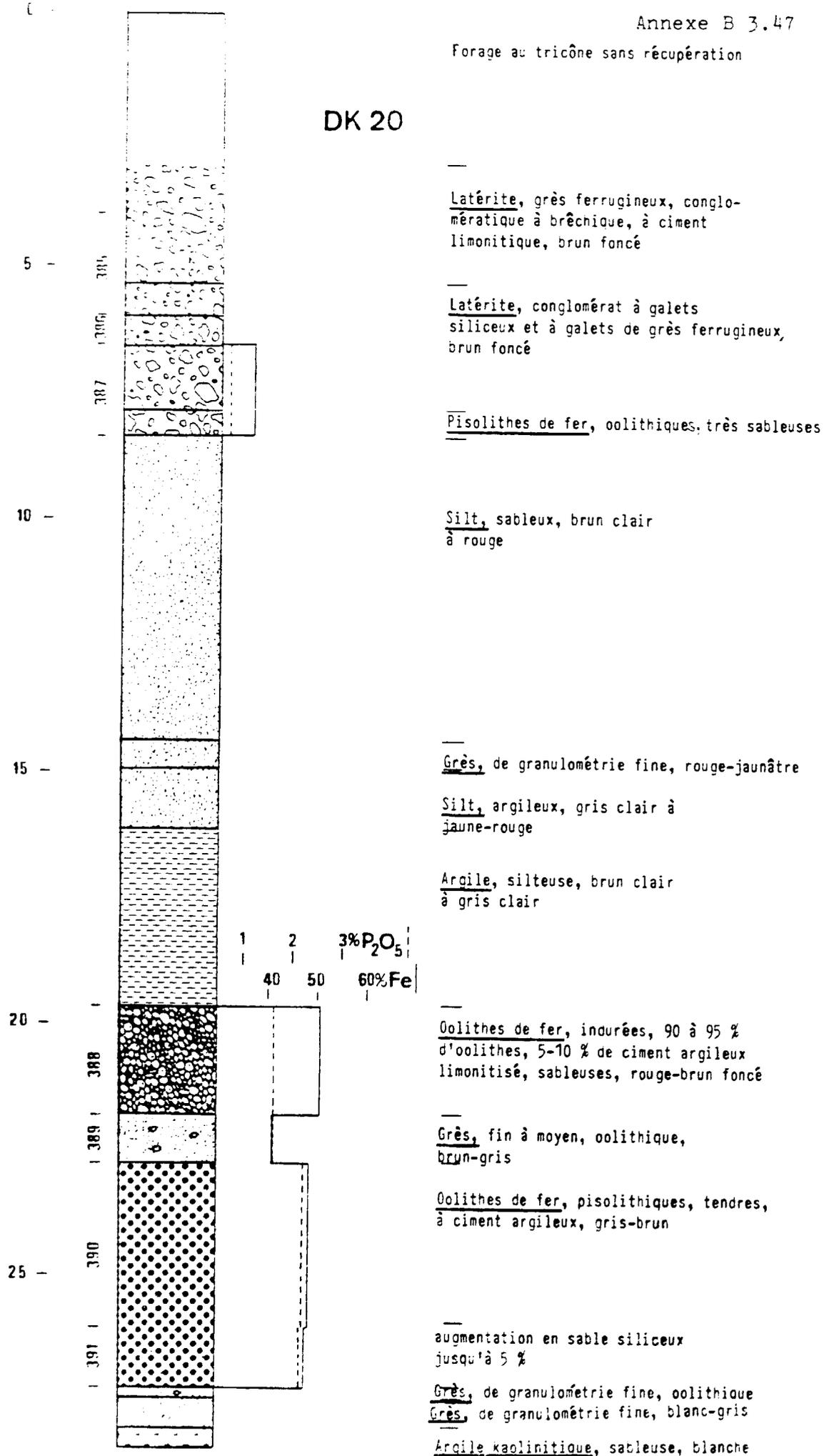
1 2 3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60% Fe  
40 50

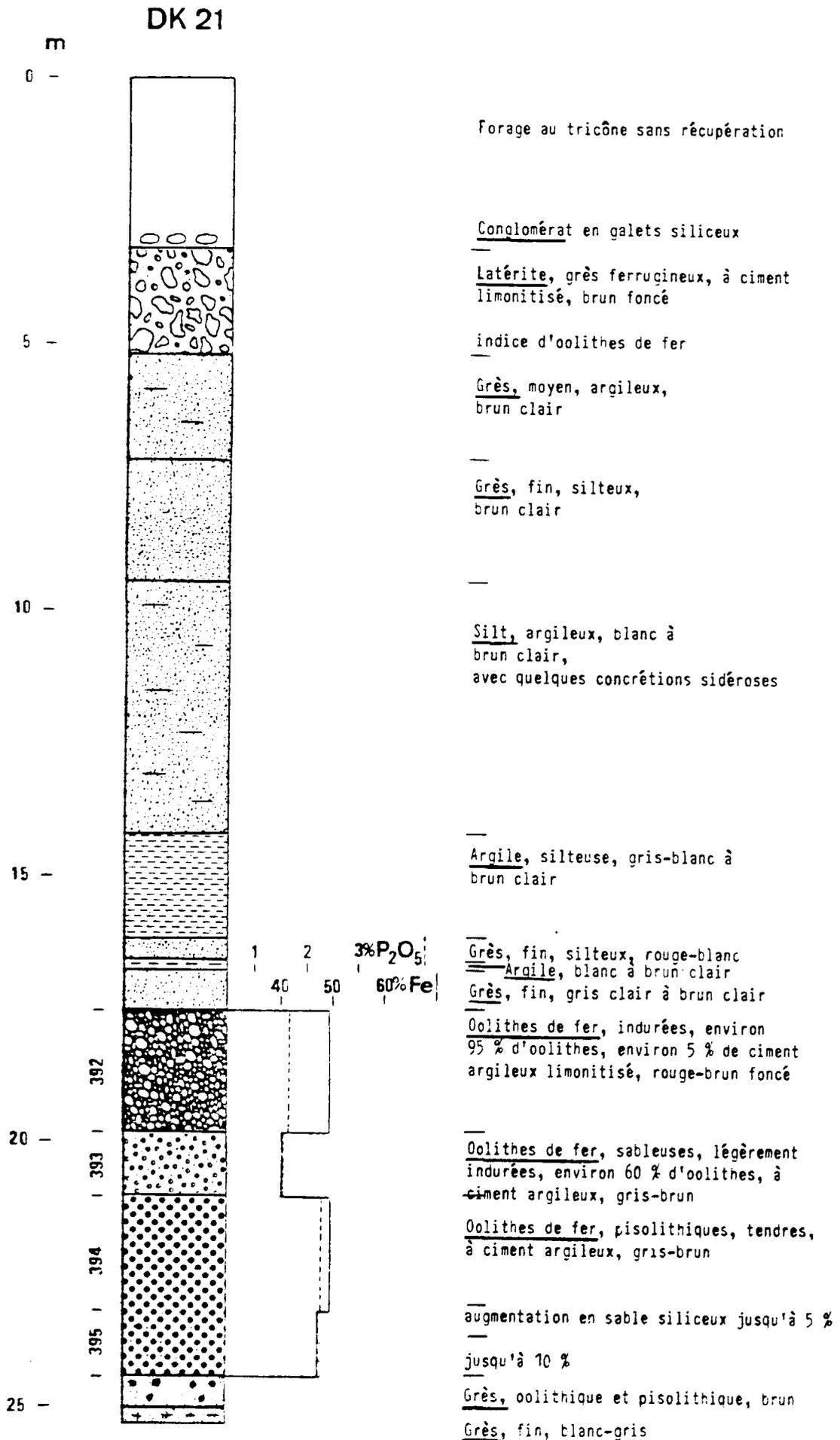
373

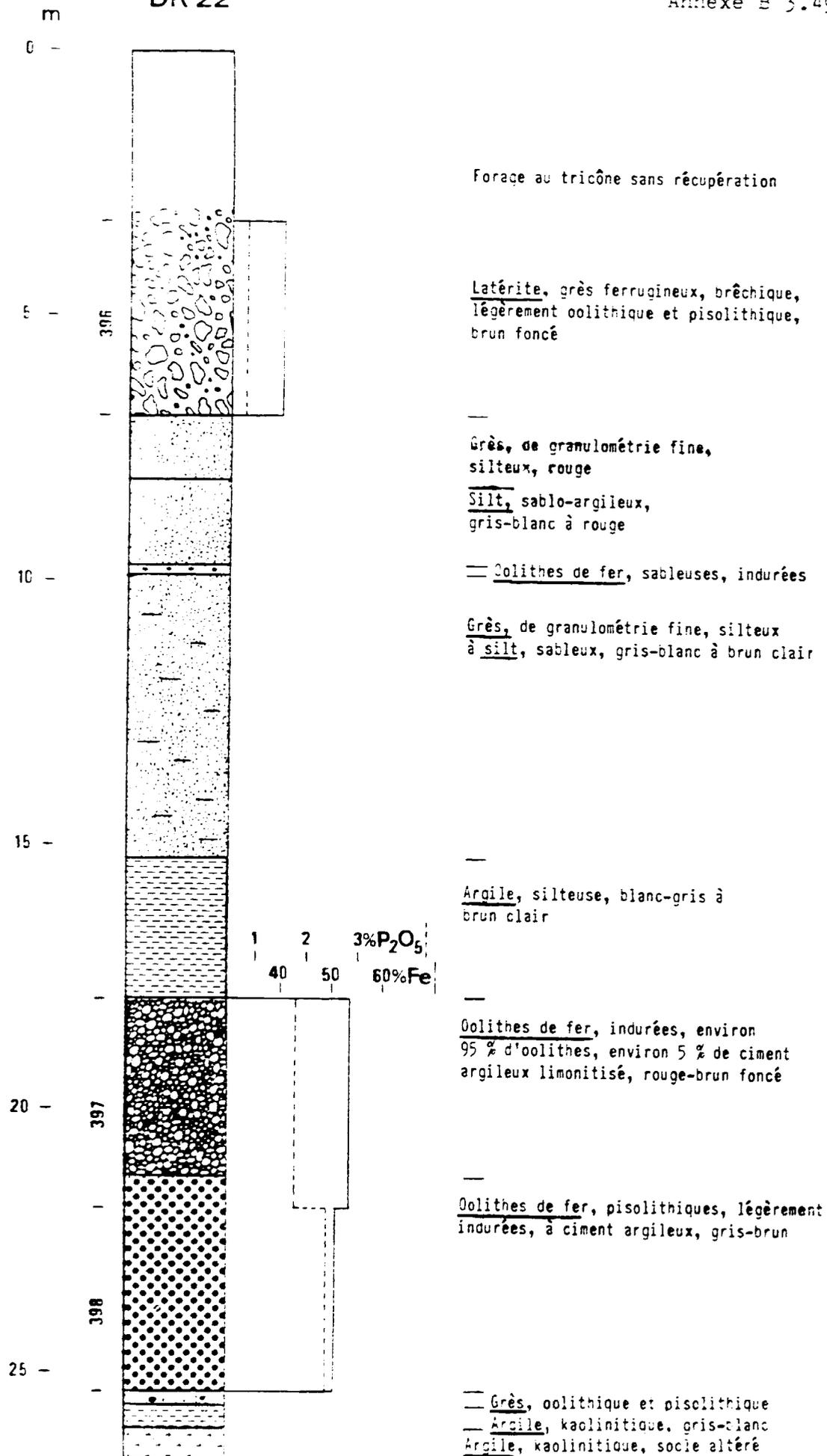
374

Forage au tricoté sans récupération

DK 20

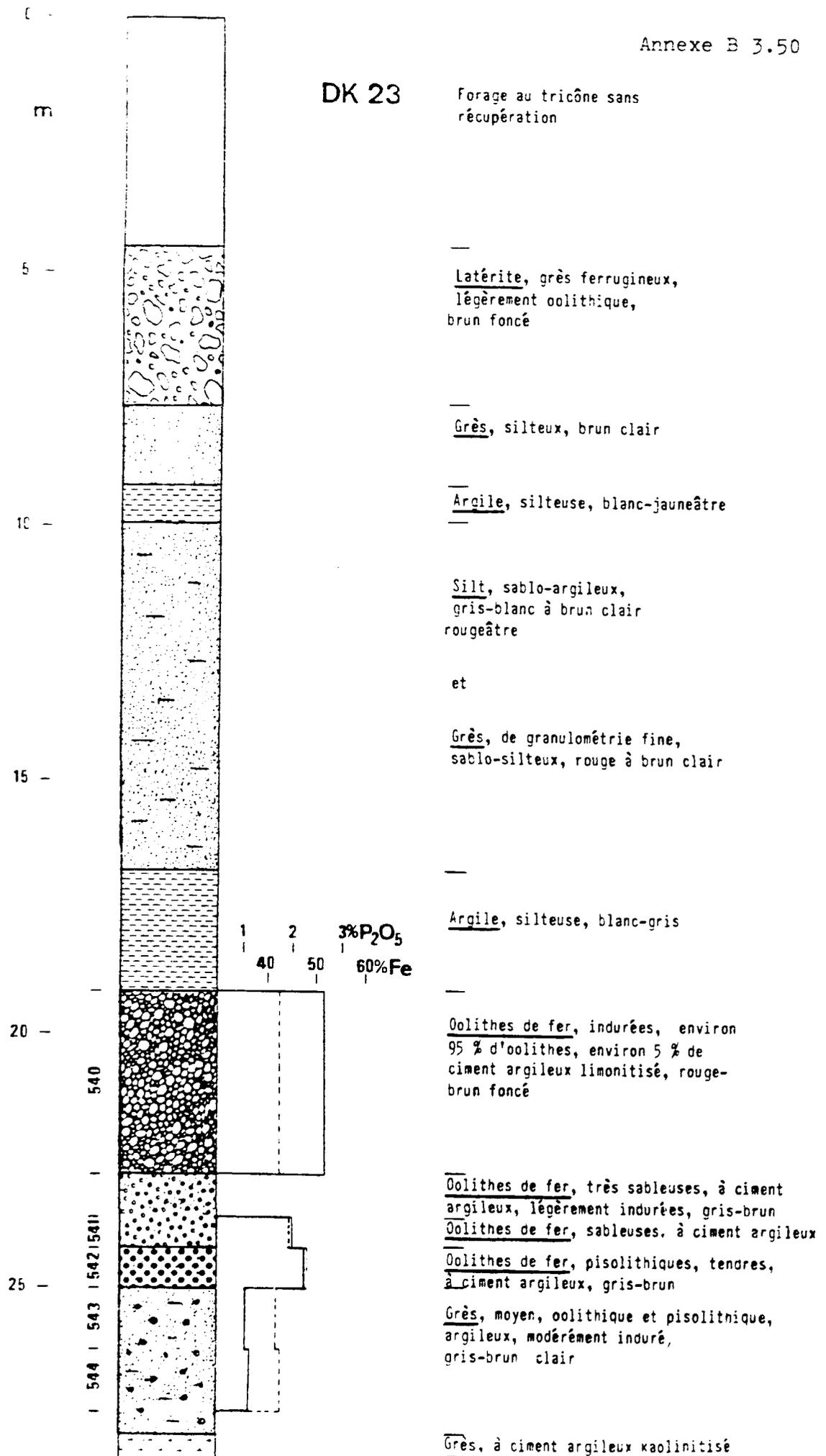




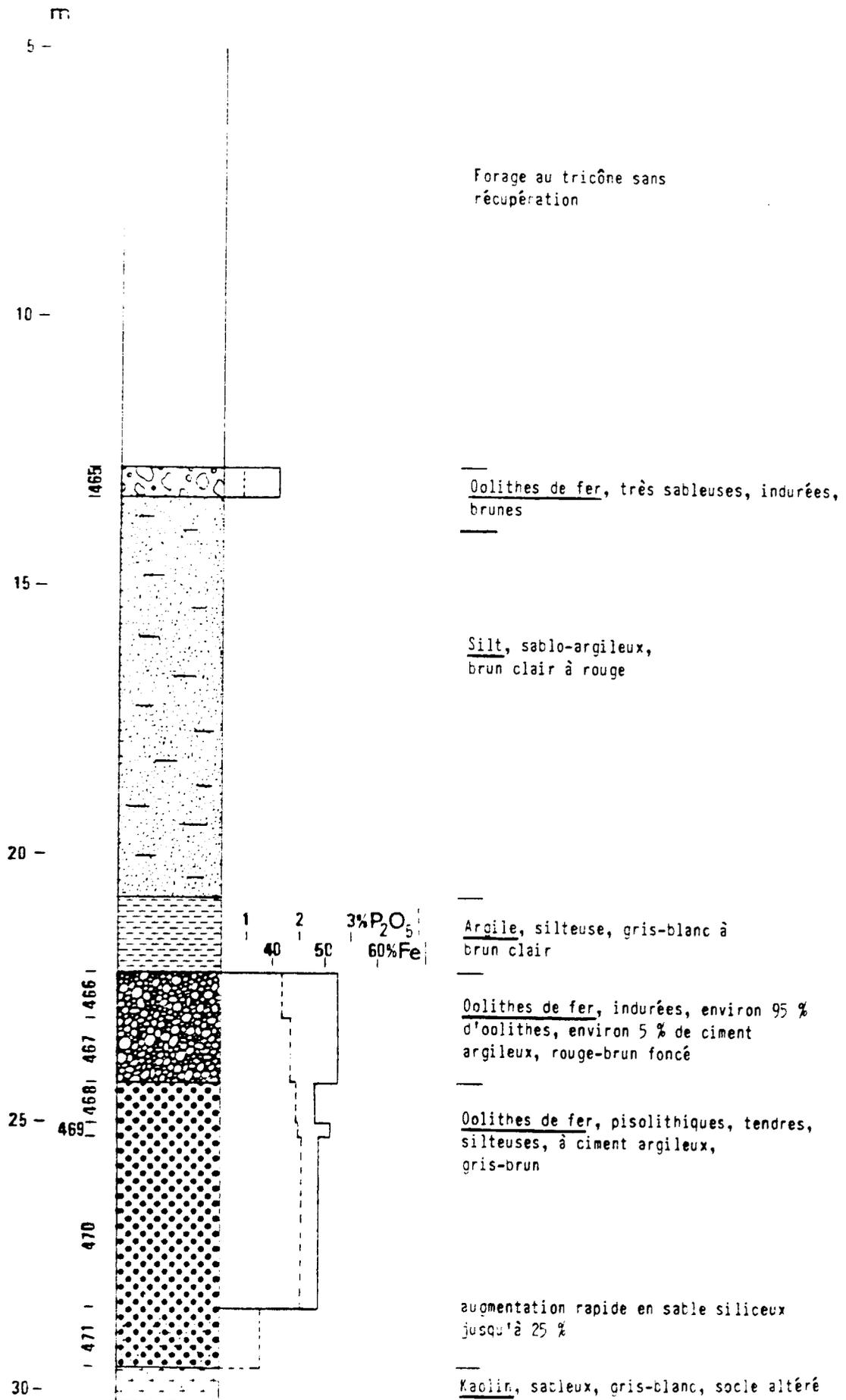


DK 23

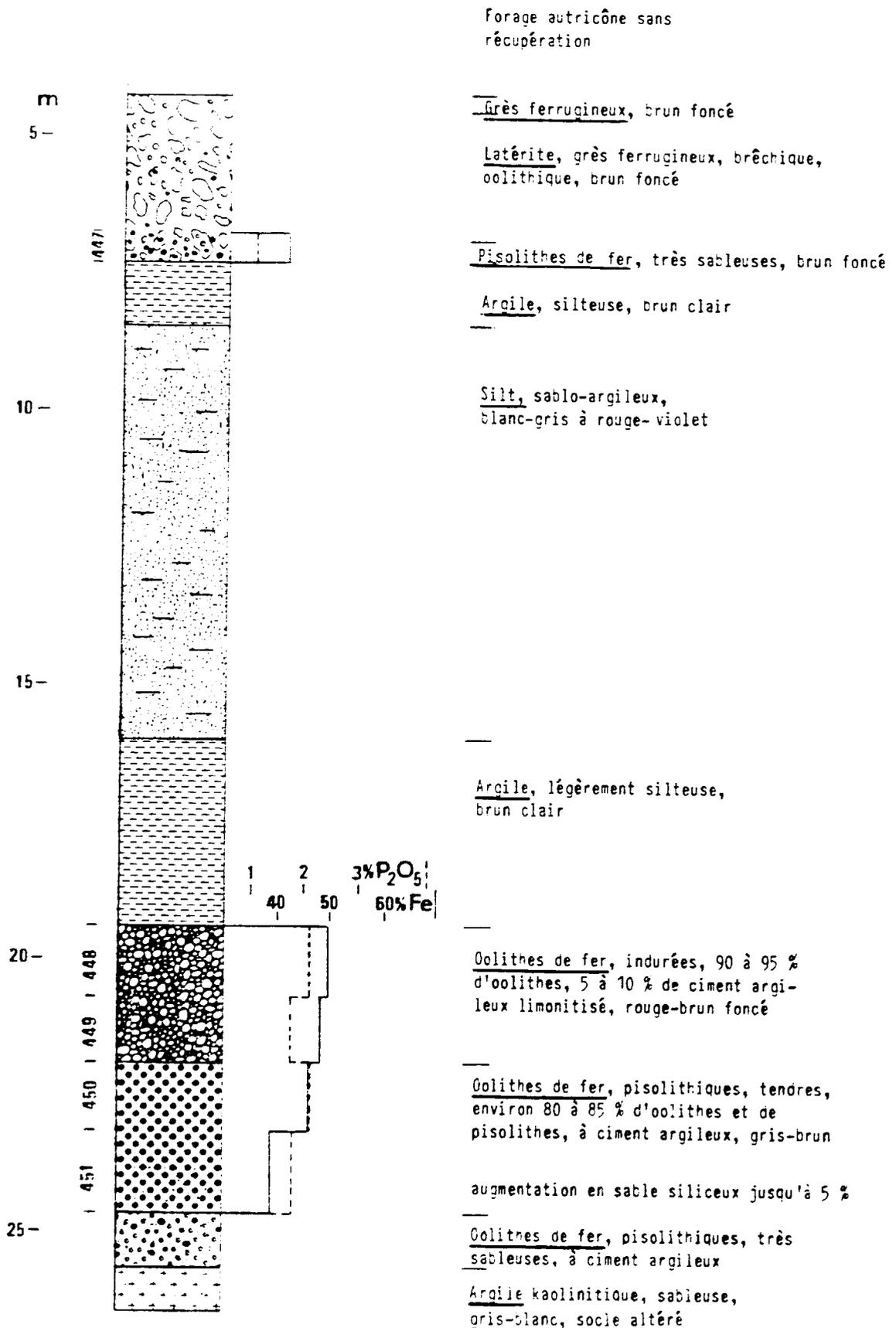
Forage au tricoté sans  
récupération

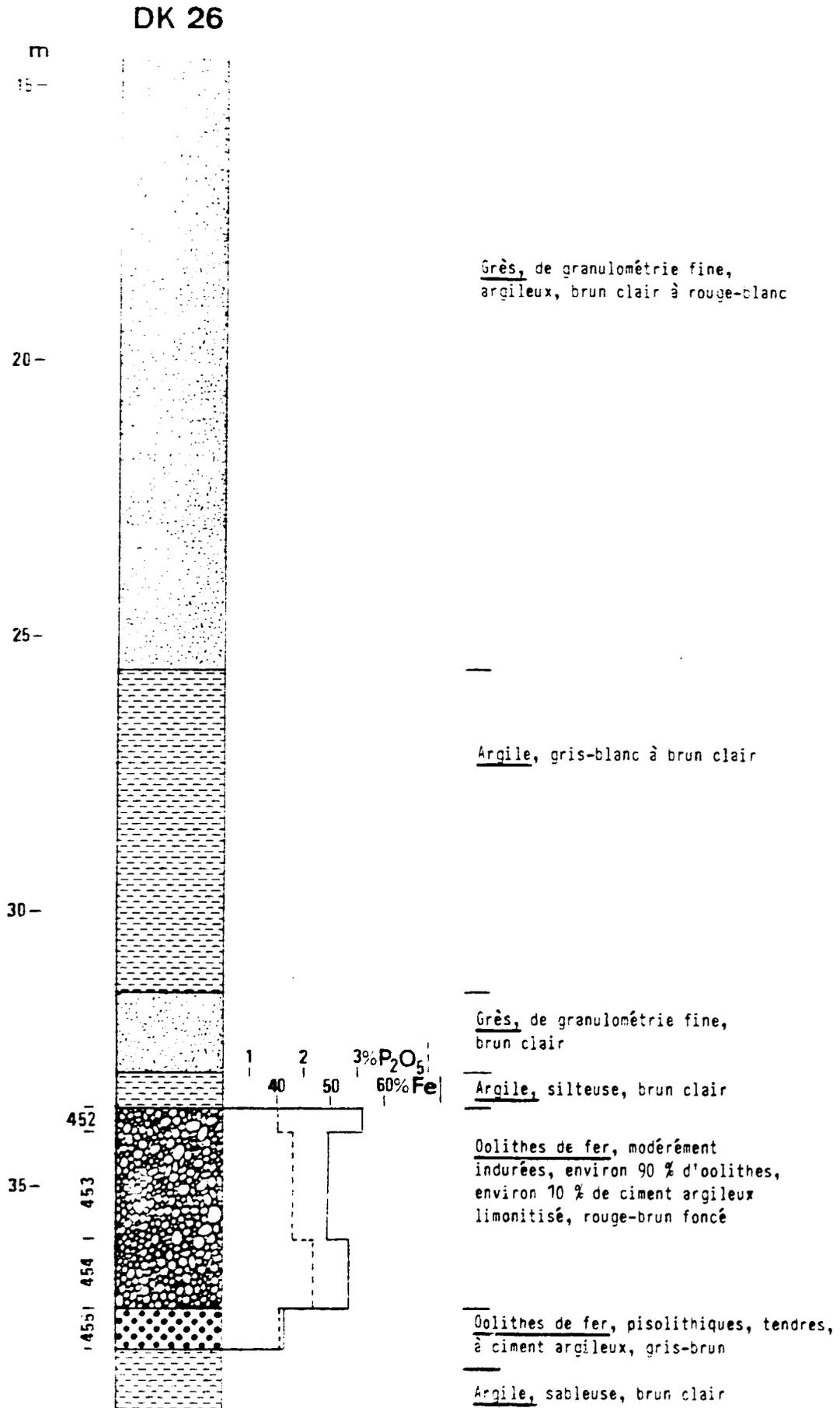


DK 24

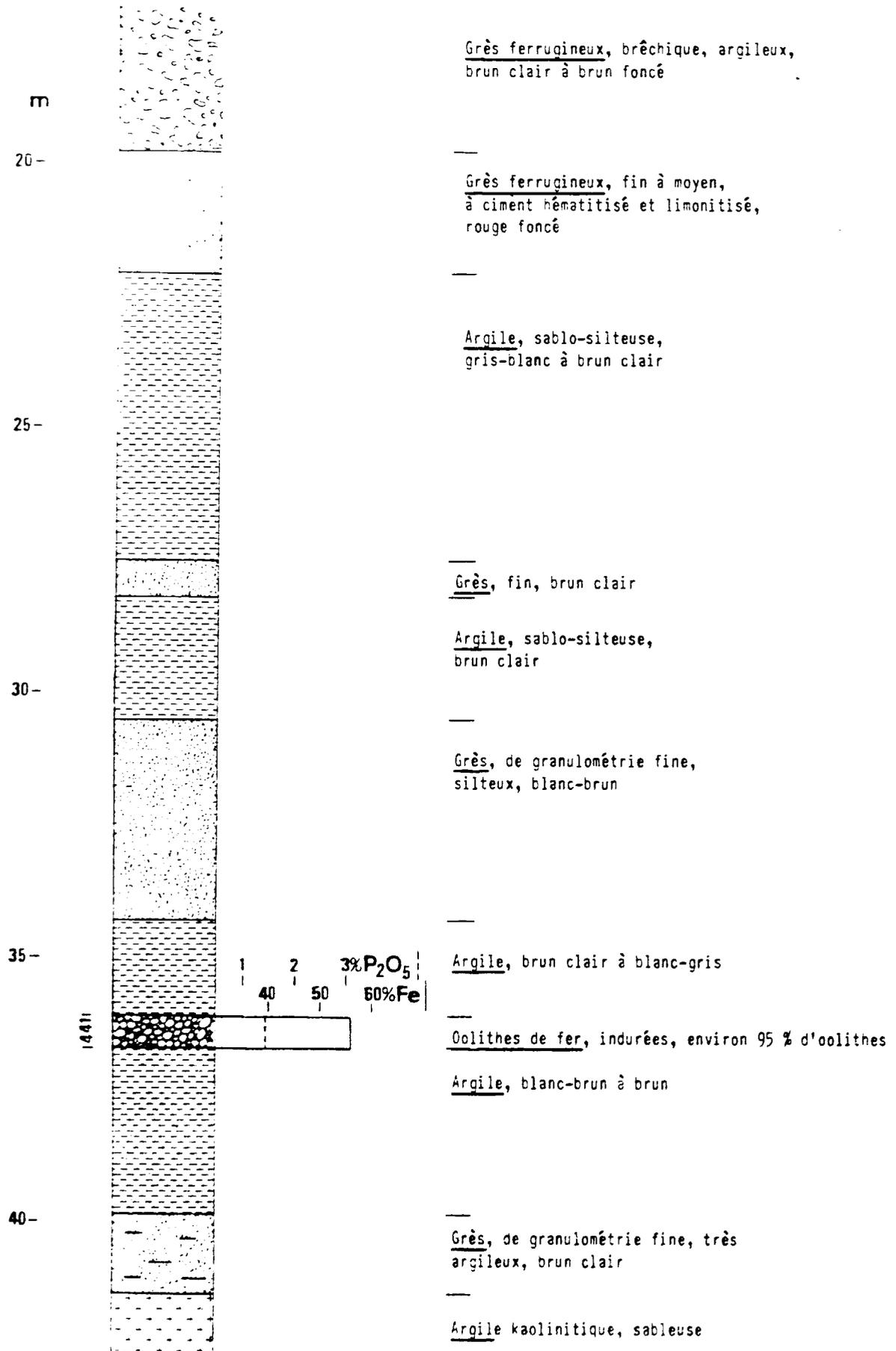


DK 25

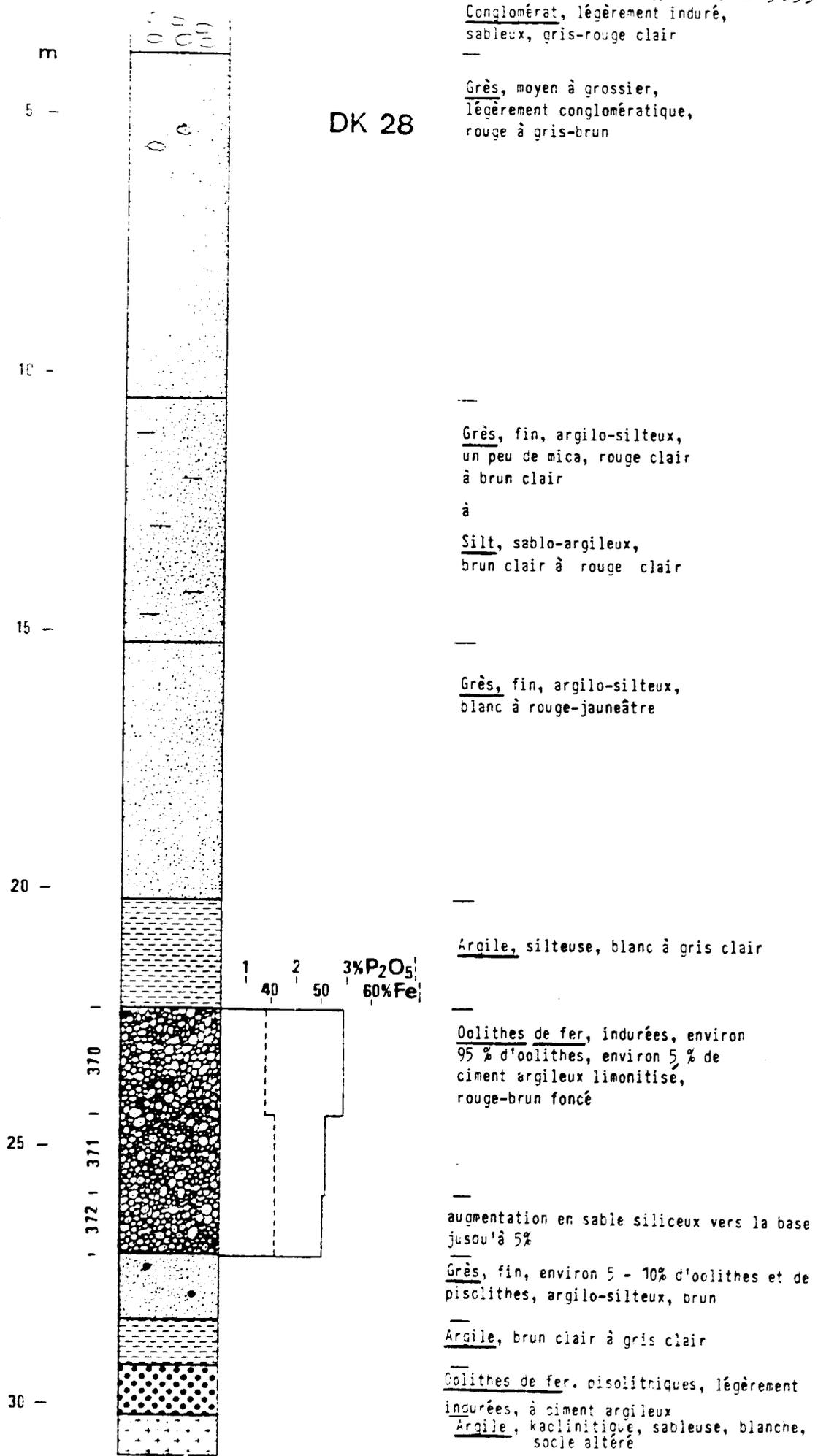


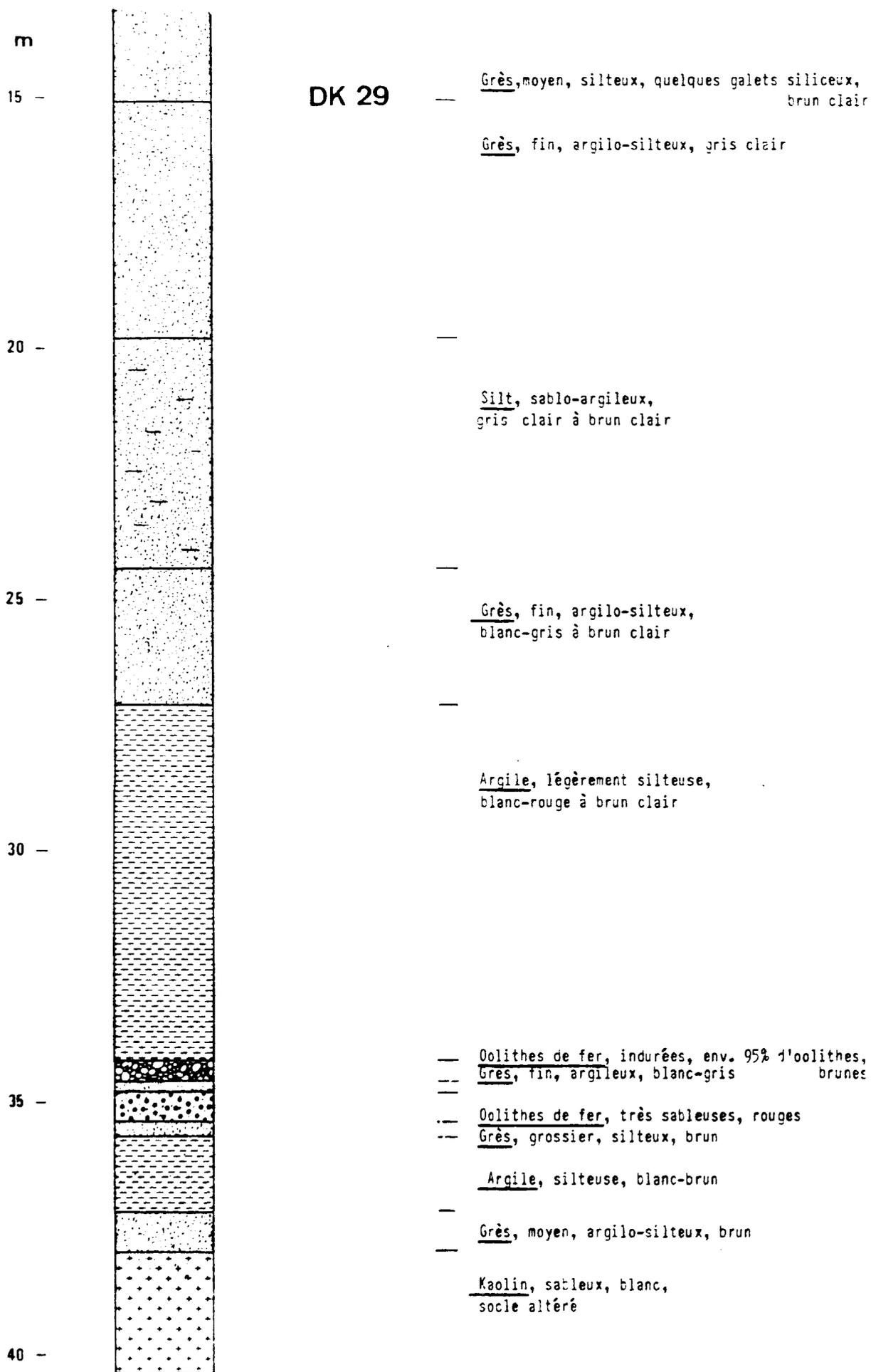


DK 27

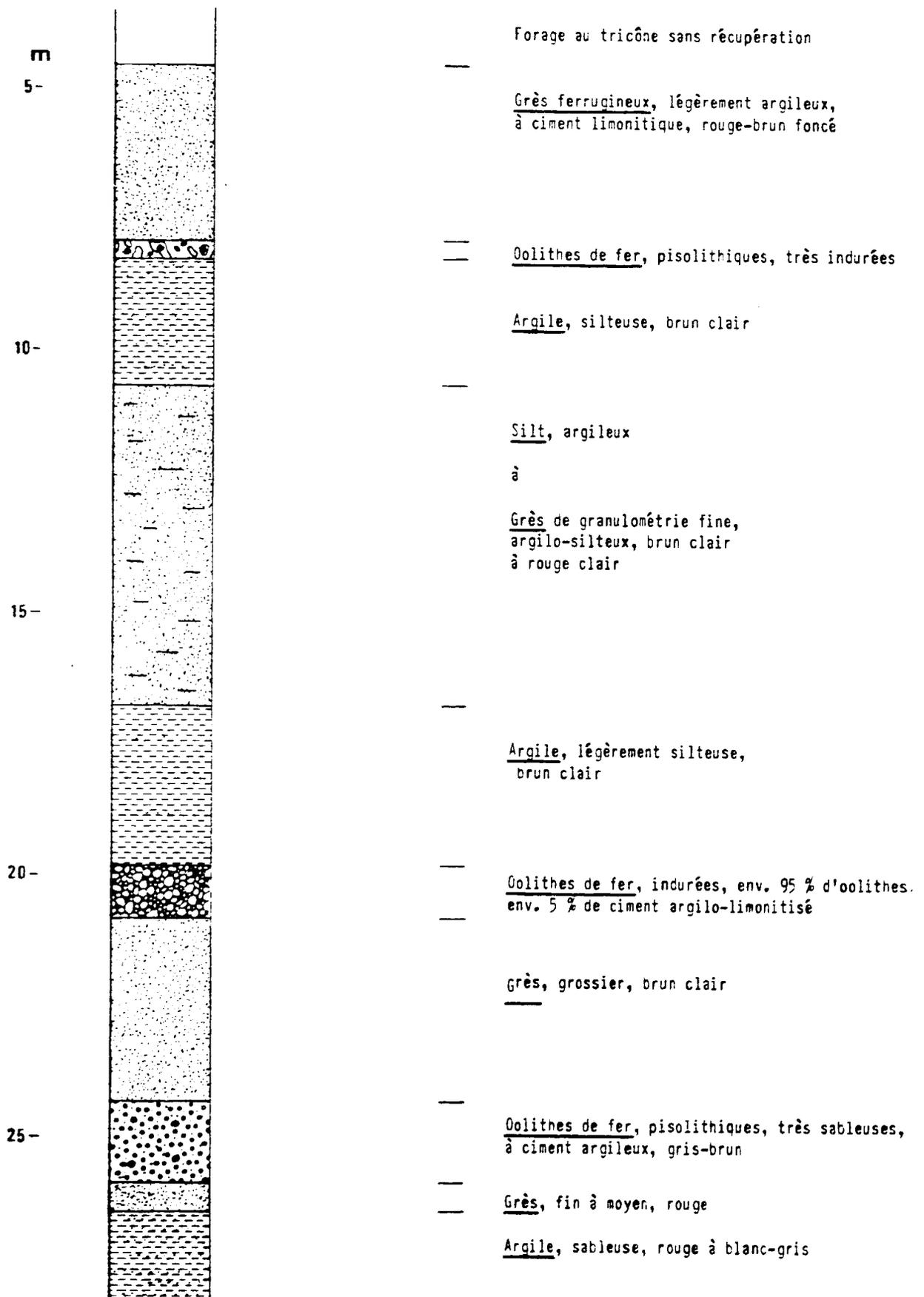


DK 28

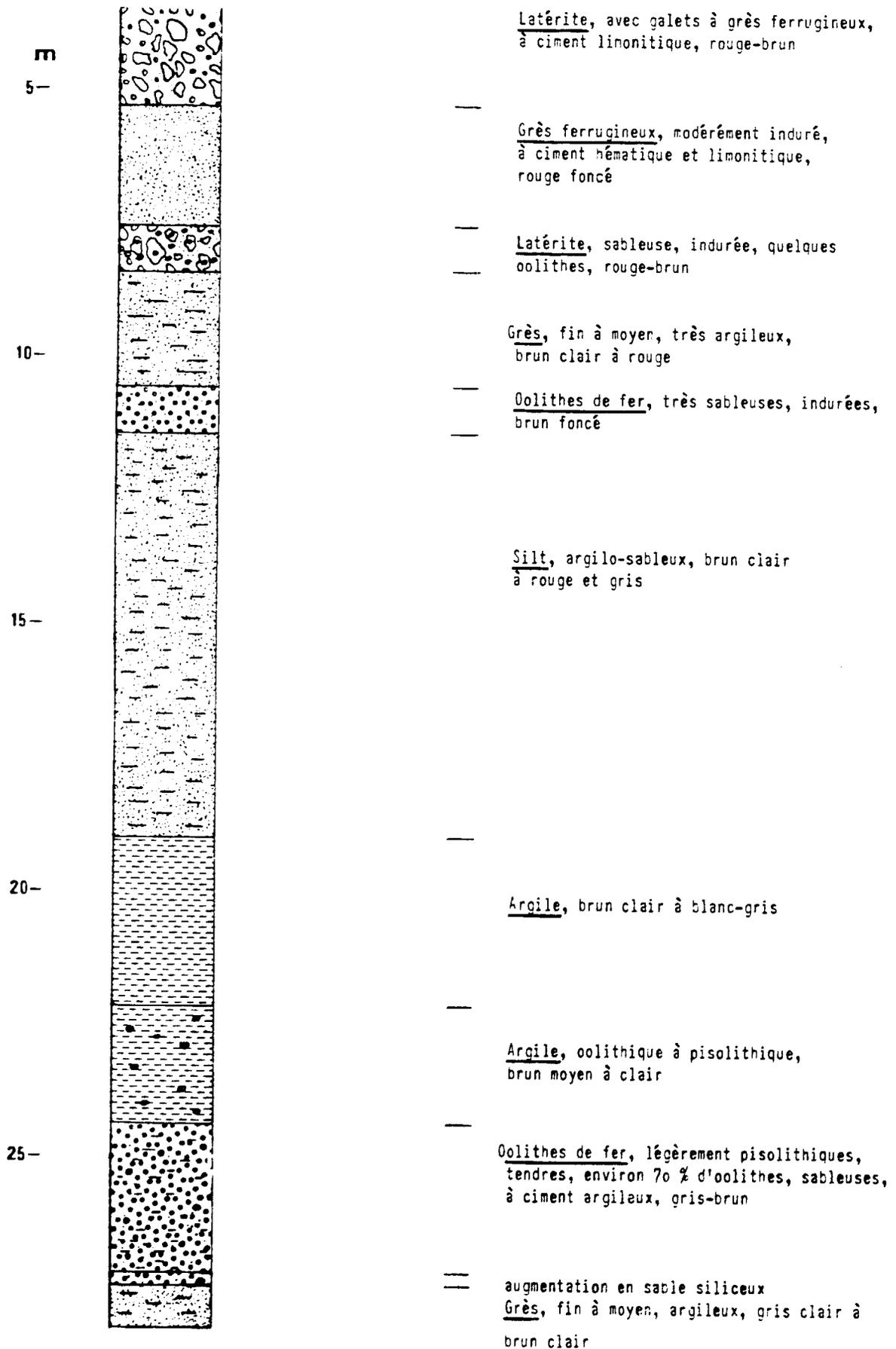


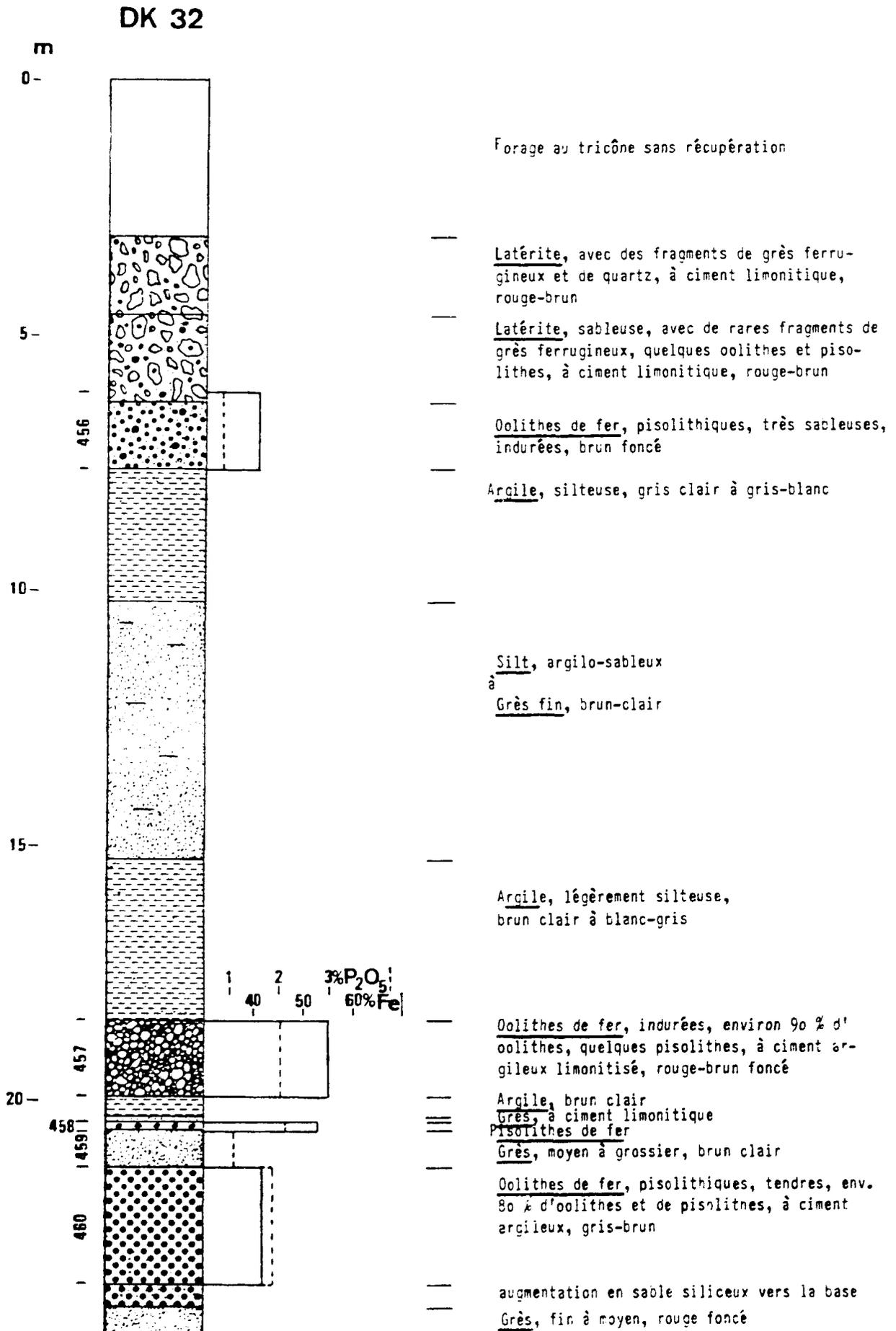


## DK 30



## DK 31





DK 33

m  
0-

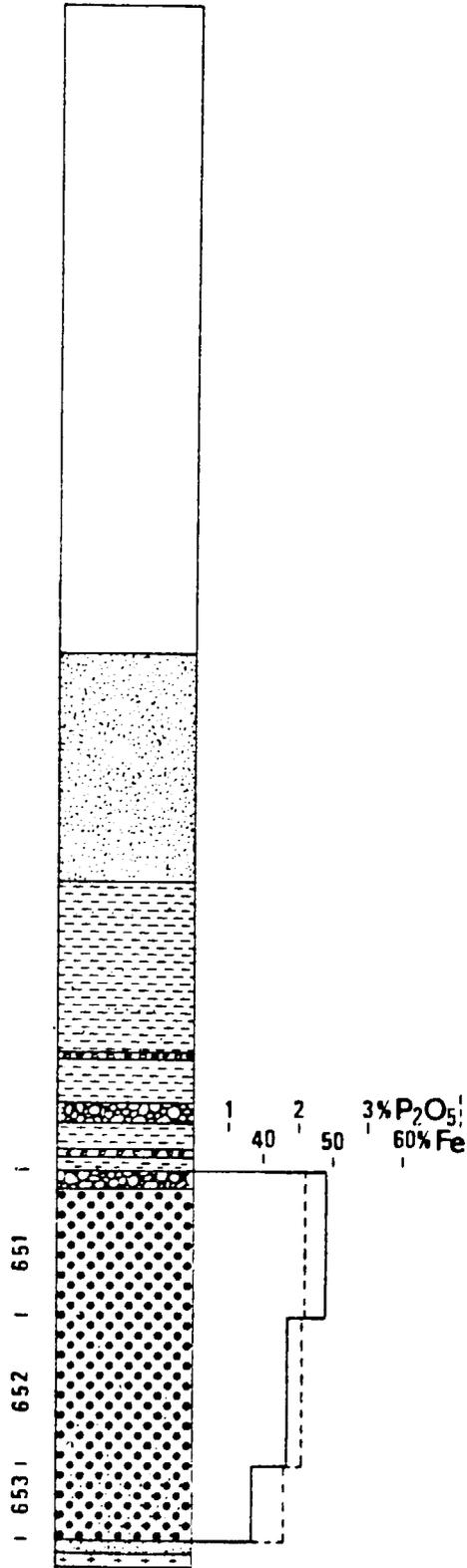
Forage au tricoté sans récupération

5-

10-

15-

20-



Grès, fin, argilo-silteux  
à  
Silt, sableux, brun clair

Argile, sablo-silteuse,  
brun clair à blanc

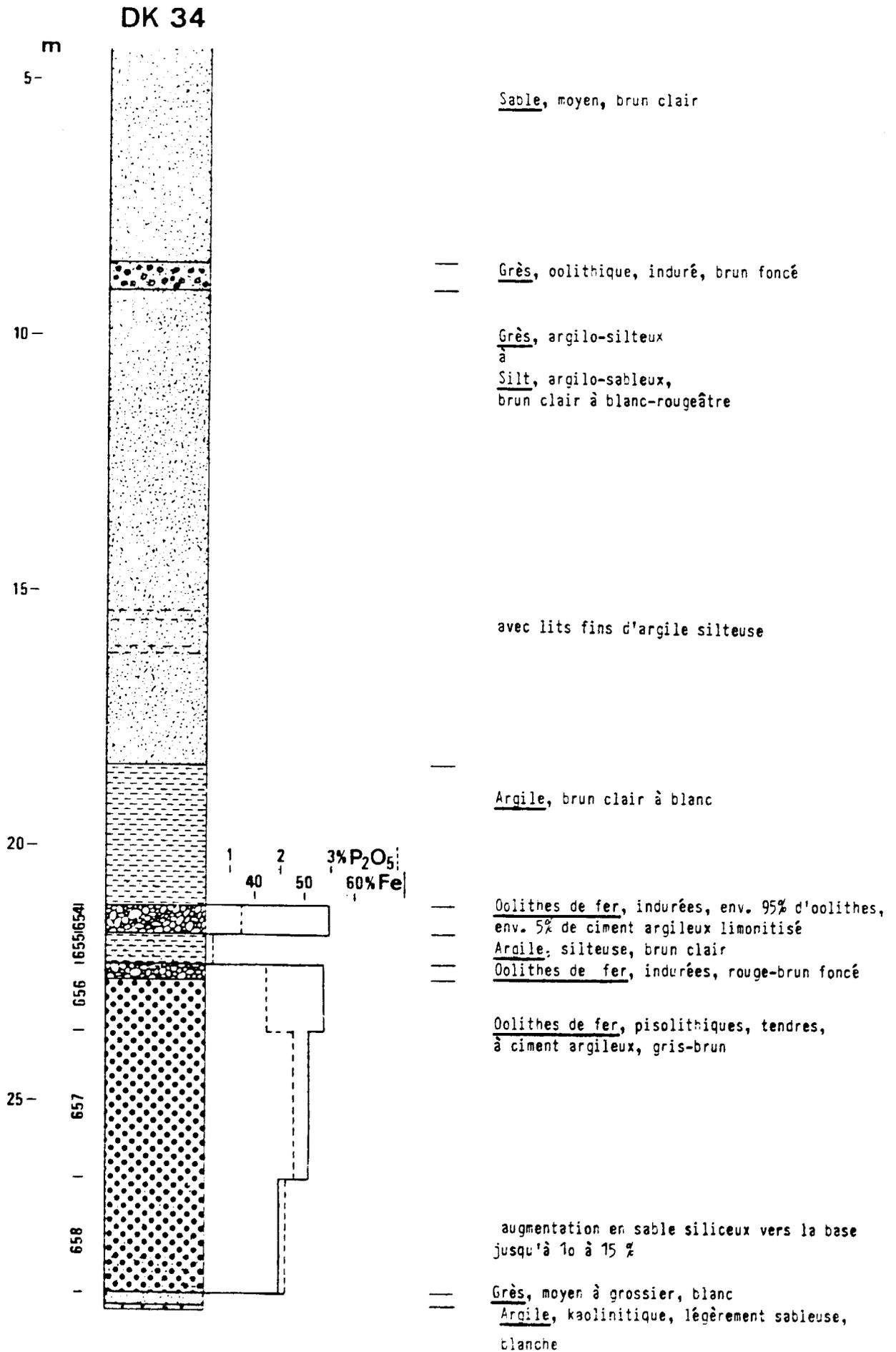
Oolithes de fer, indurées, 70-80% d'oolithes  
Argile, sablo-silteuse, brun clair à blanc

Oolithes de fer, indurées, env. 95% d'oolithes  
Argile, silteuse, brun clair  
Oolithes de fer  
Oolithes de fer indurées

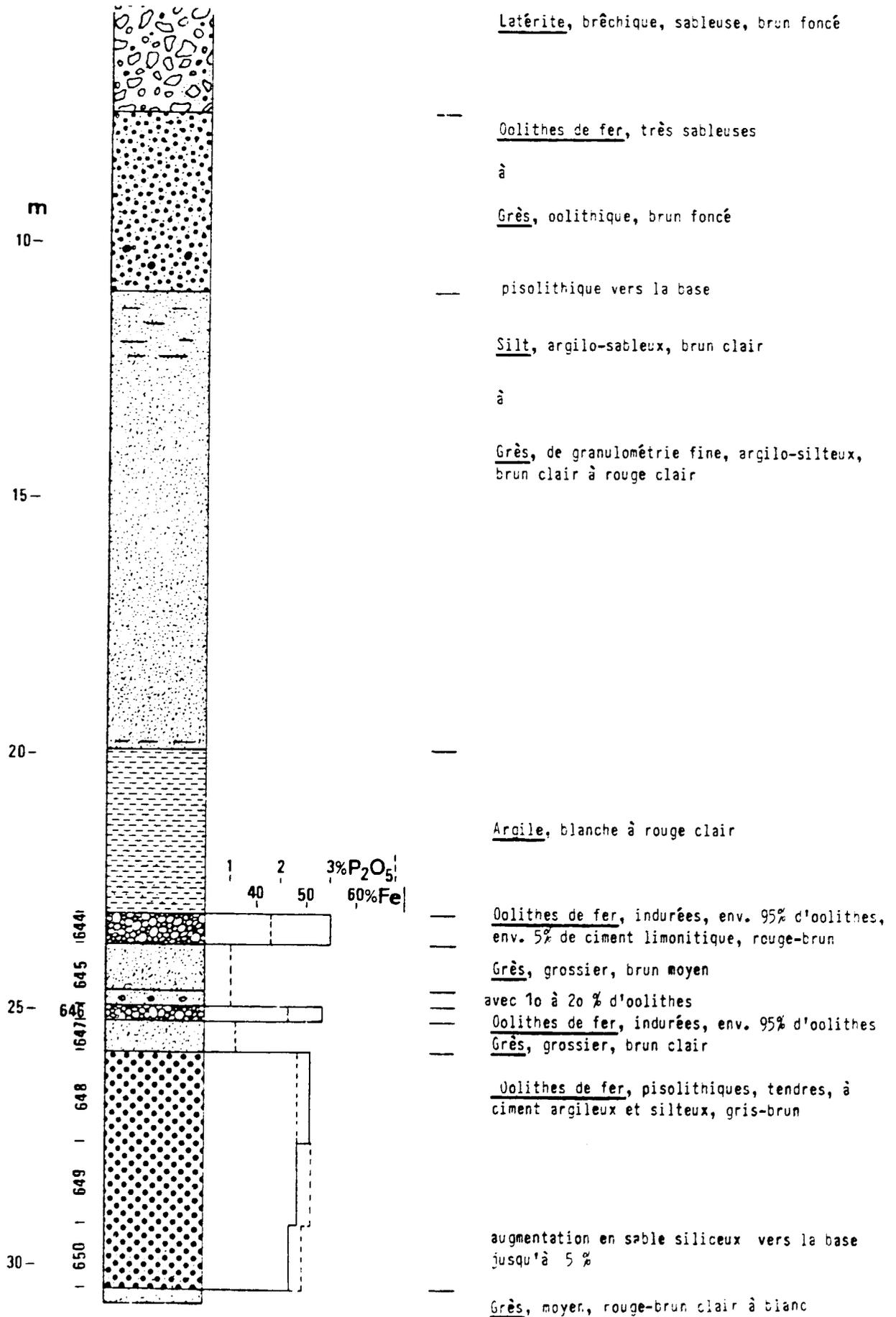
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à  
ciment argileux, brunes

augmentation en sable siliceux vers la base  
jusqu'à 15 - 20 %

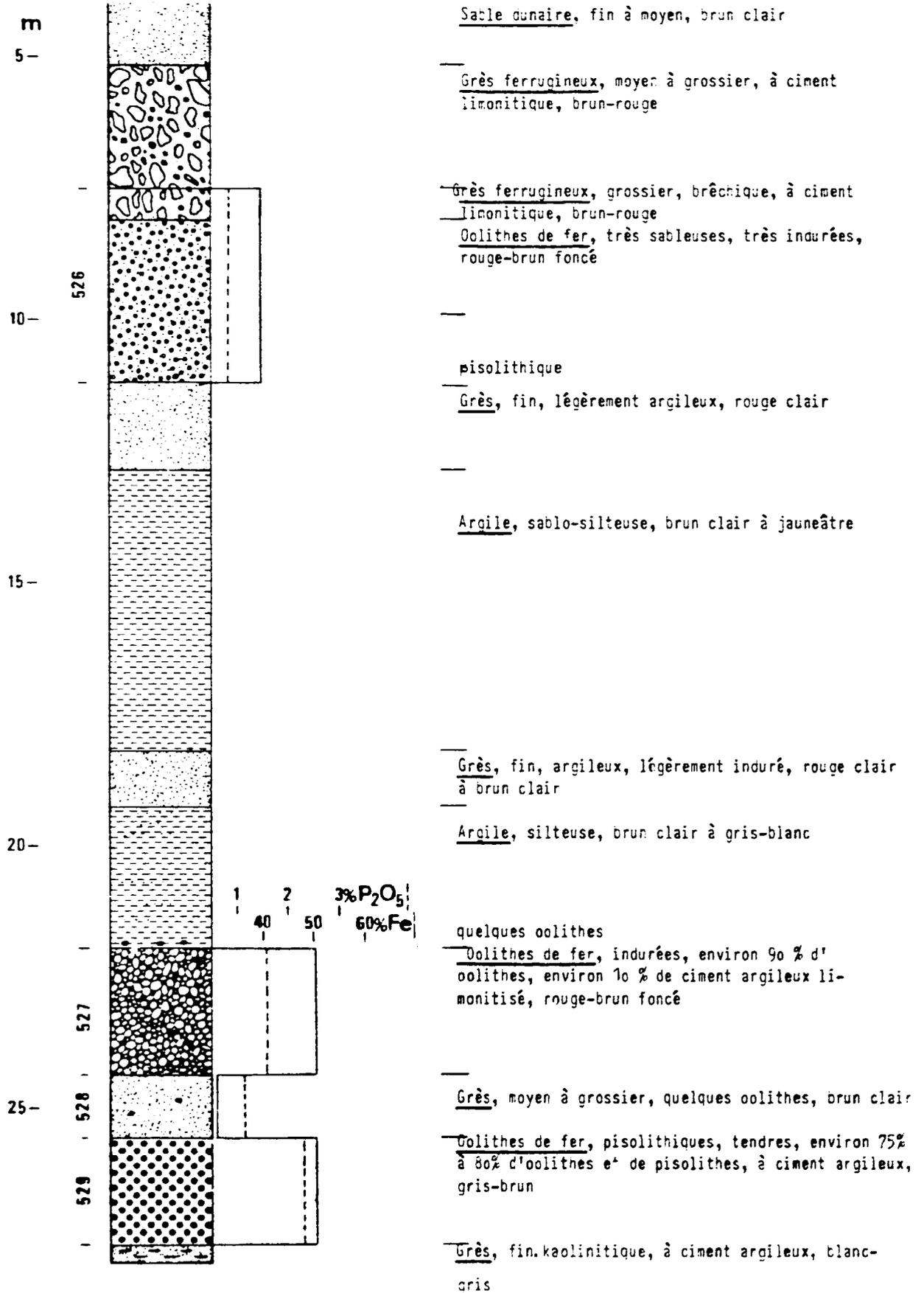
Grès, fin à moyen, rouge  
Kaolin, légèrement sableux, blanc, socle altéré

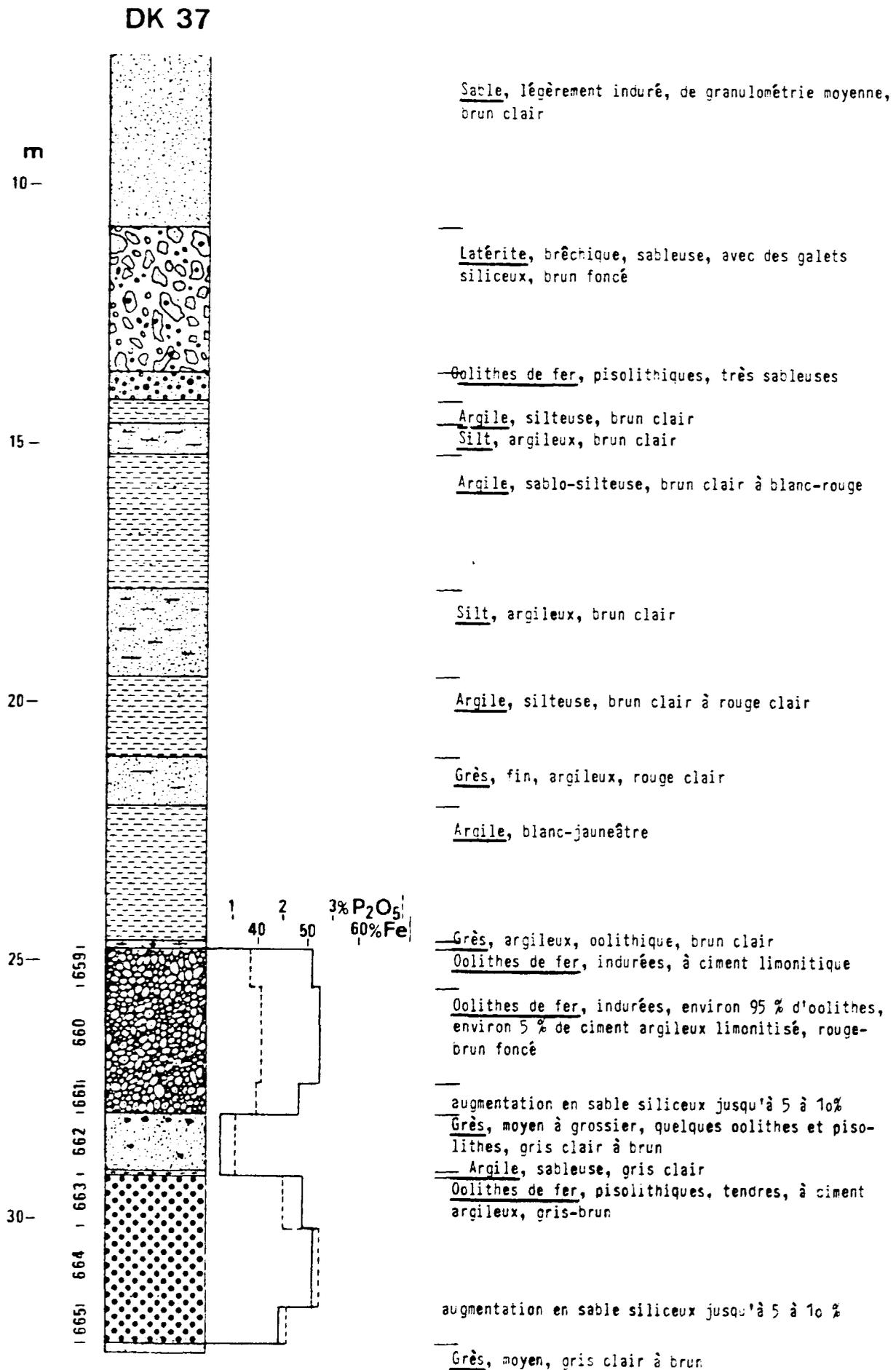


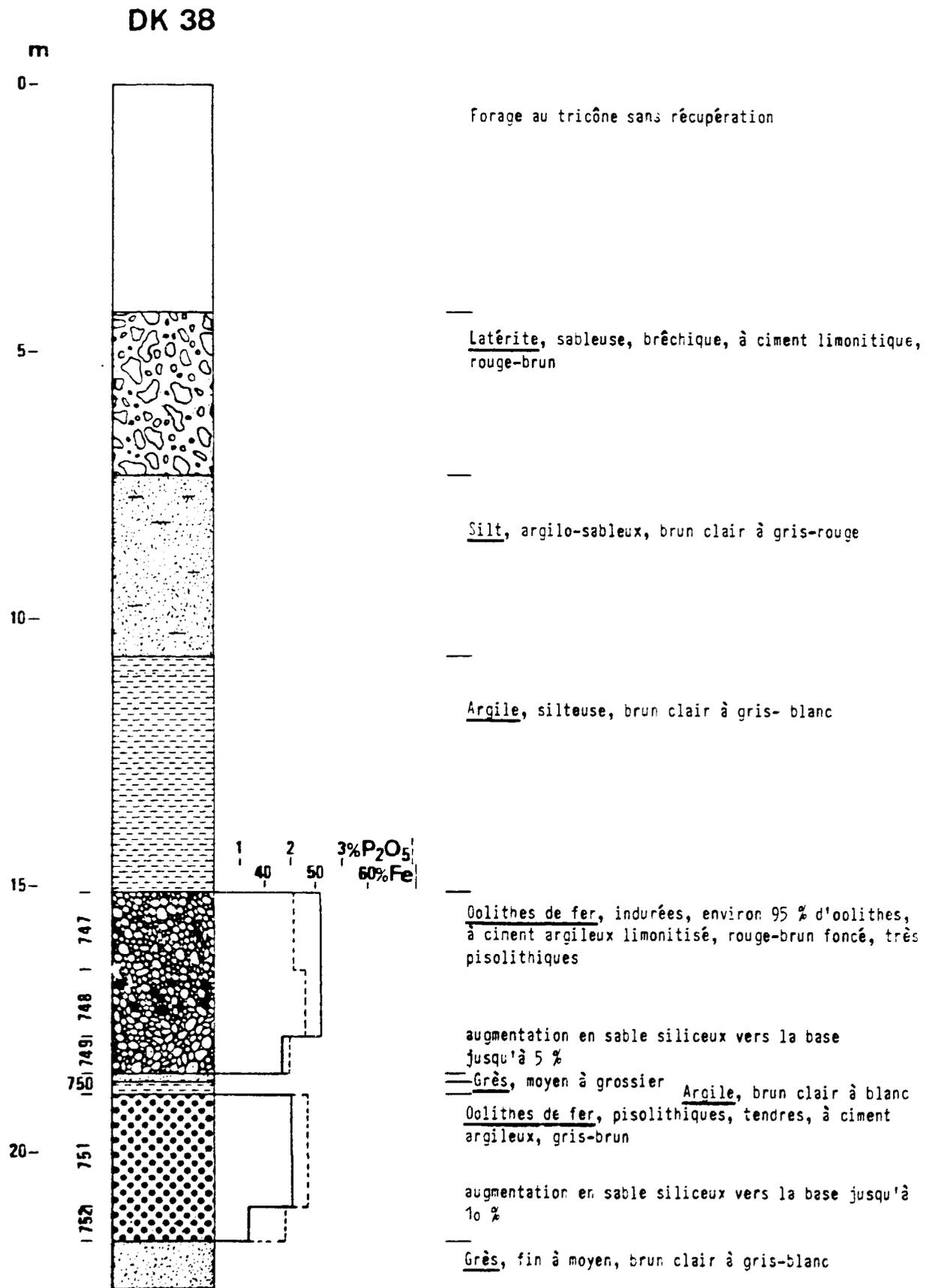
DK 35



## DK 36

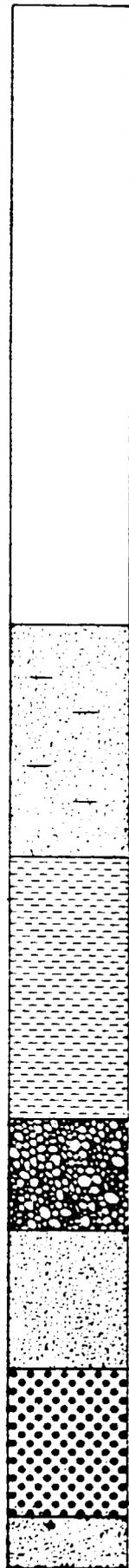






DK 39

m  
0-  
5-  
10-  
15-  
20-  
25-



Forage au tricône sans récupération

Silt, sableux, brun clair à gris-blanc à rouge clair

Argile, brun clair à blanc

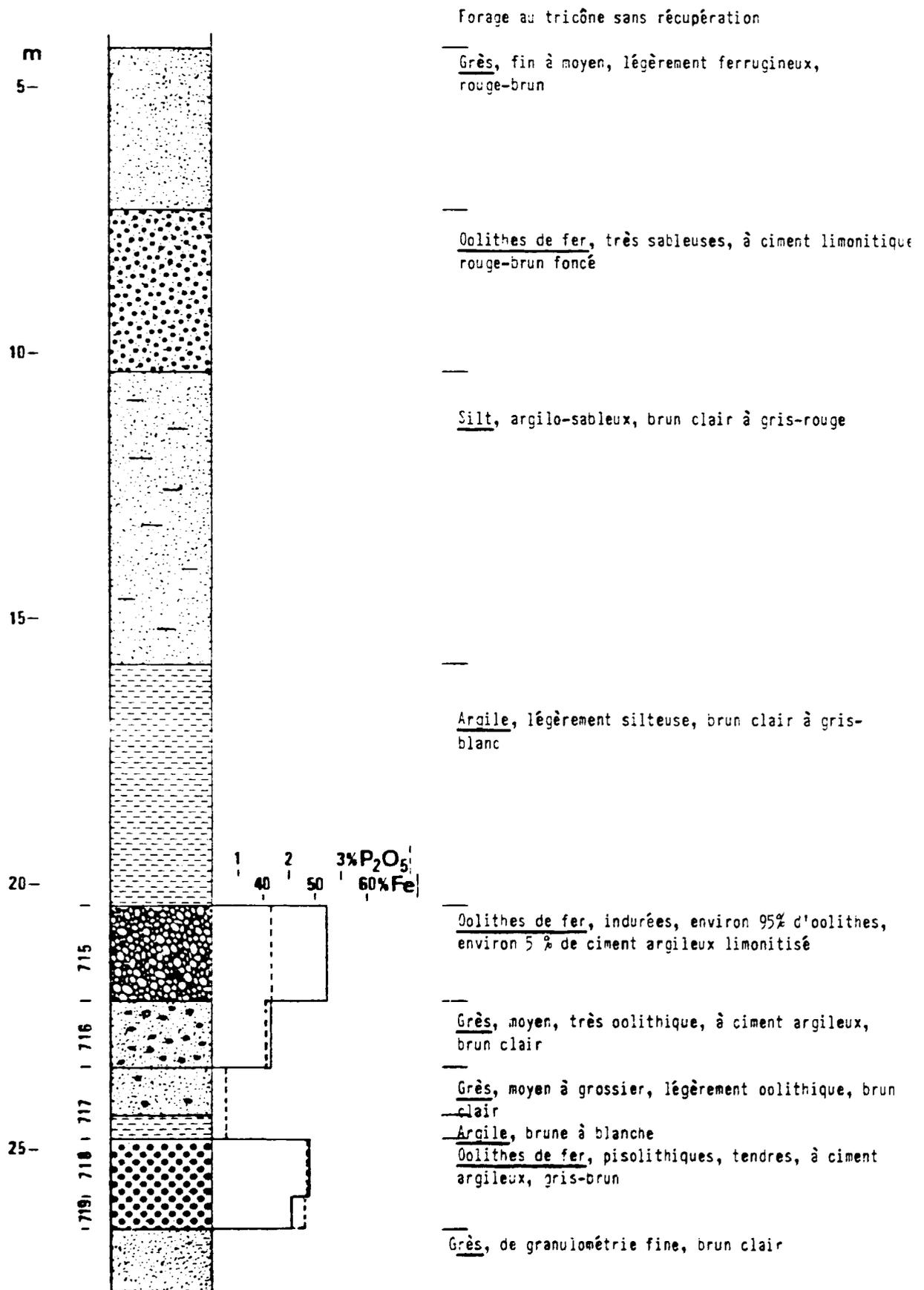
Oolites de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes, environ 5 à 10 % de ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé augmentation en sable siliceux vers la base

Grès, moyen à grossier, légèrement argileux, brun clair à brun et rouge

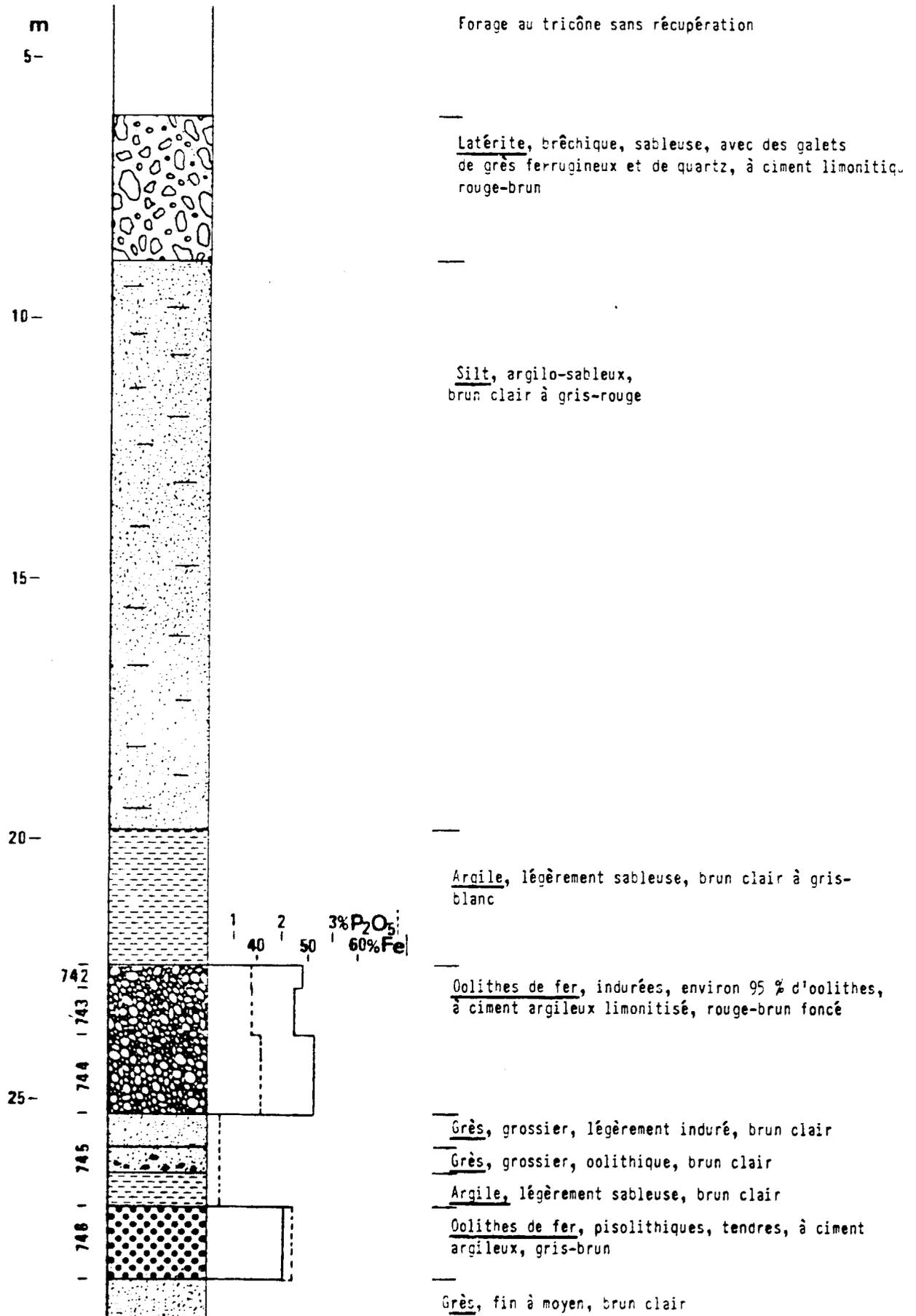
Oolites de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

Grès, de granulométrie fine à moyenne brun clair à jaune-brun

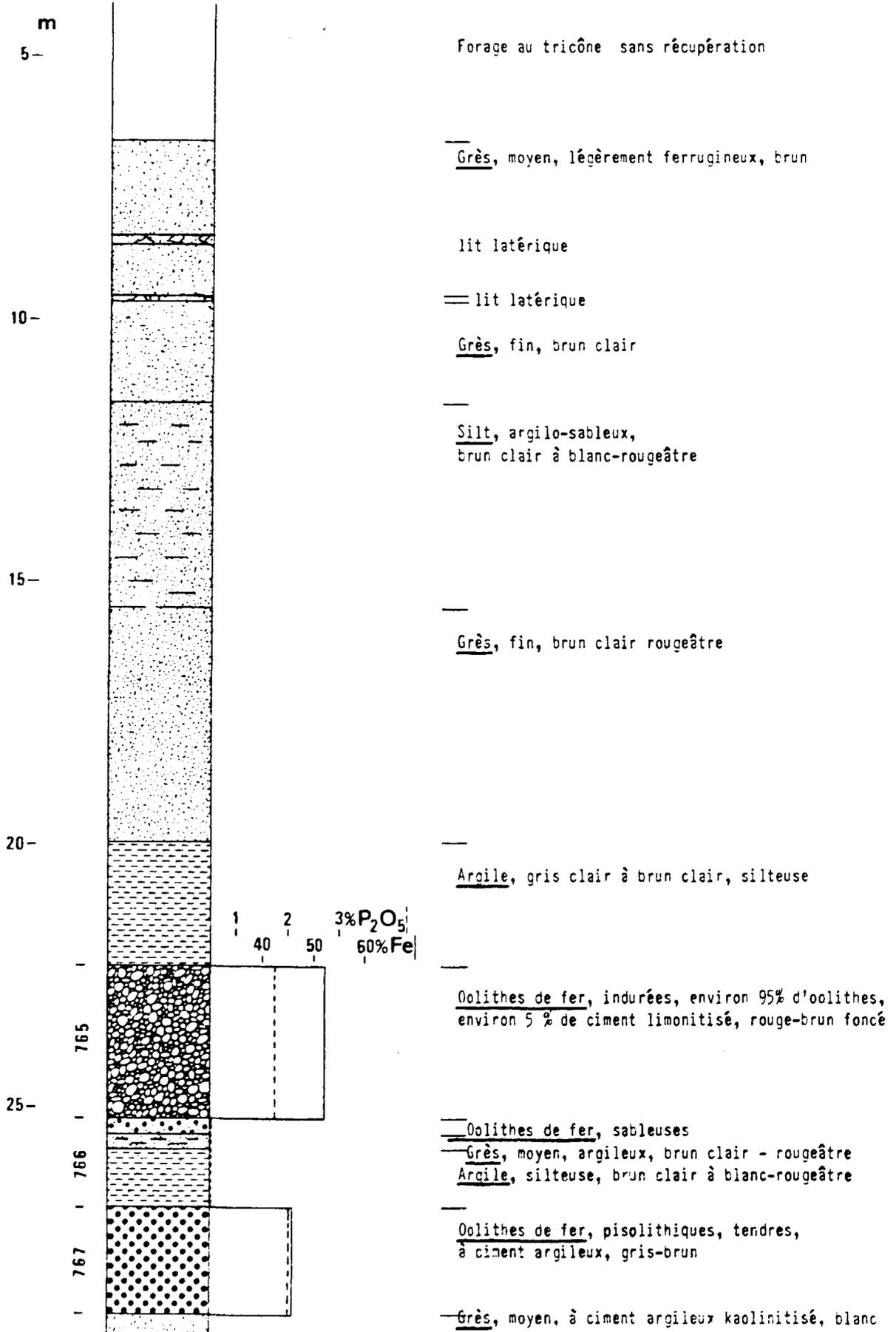
DK 40



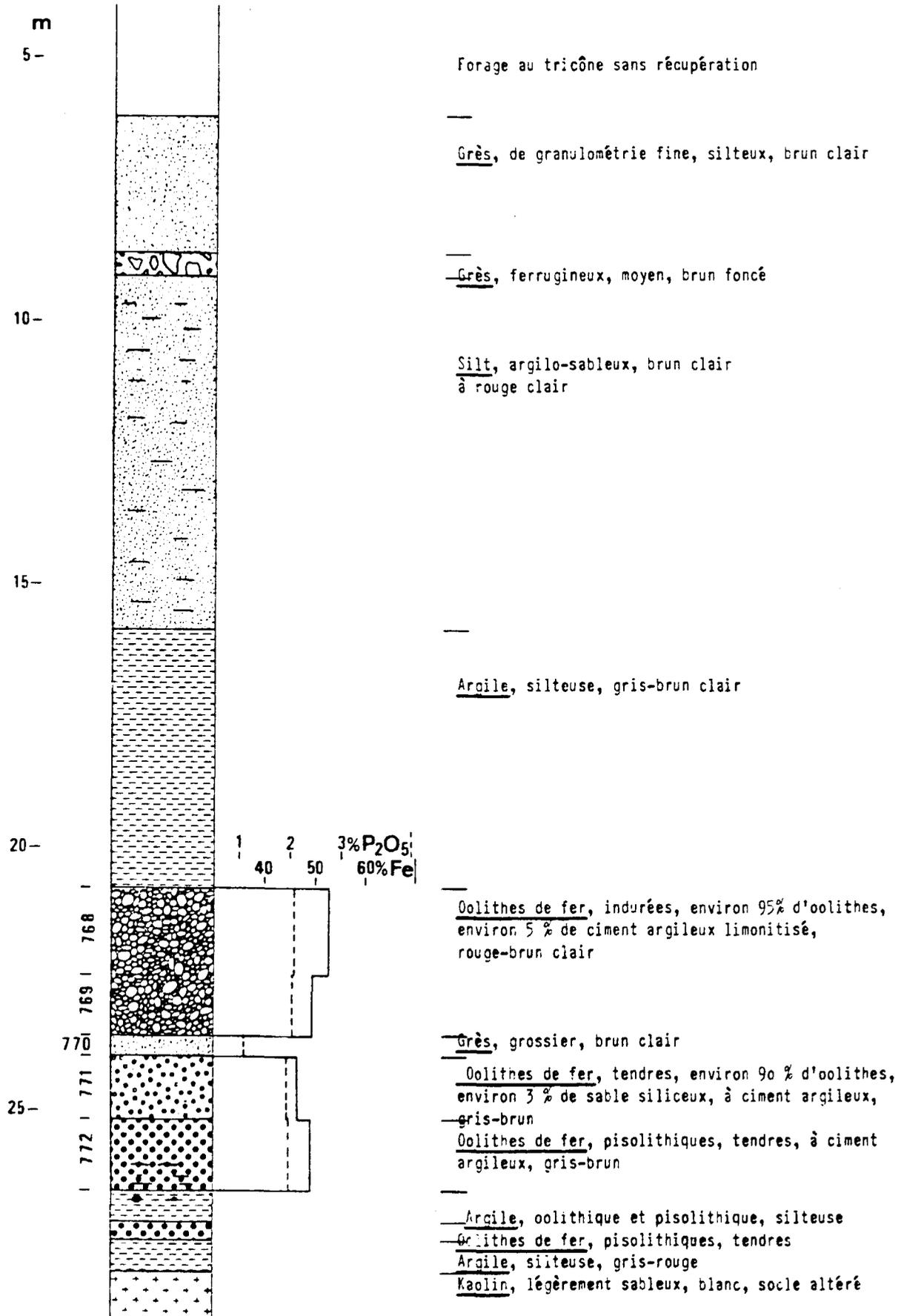
DK 41



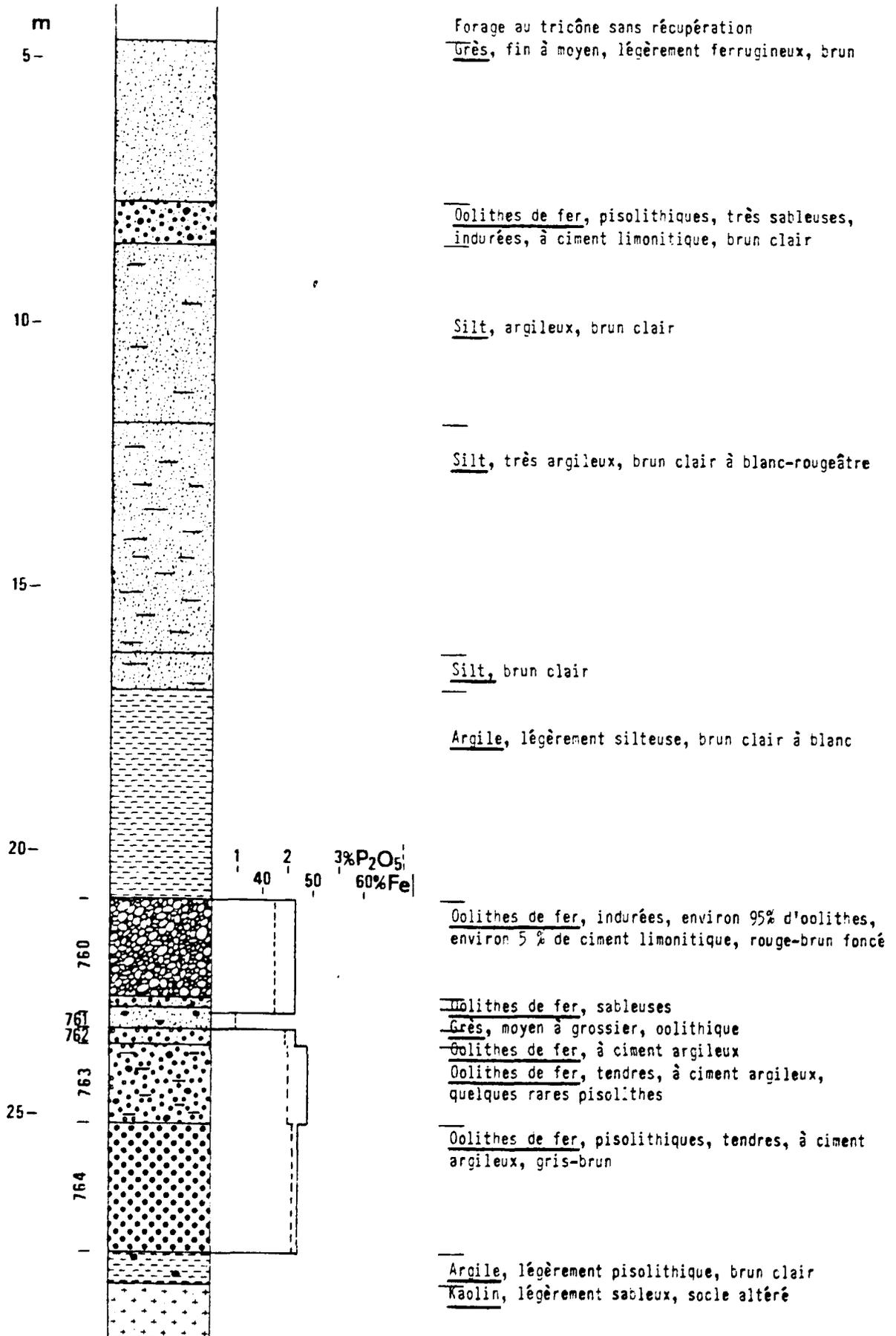
DK 42

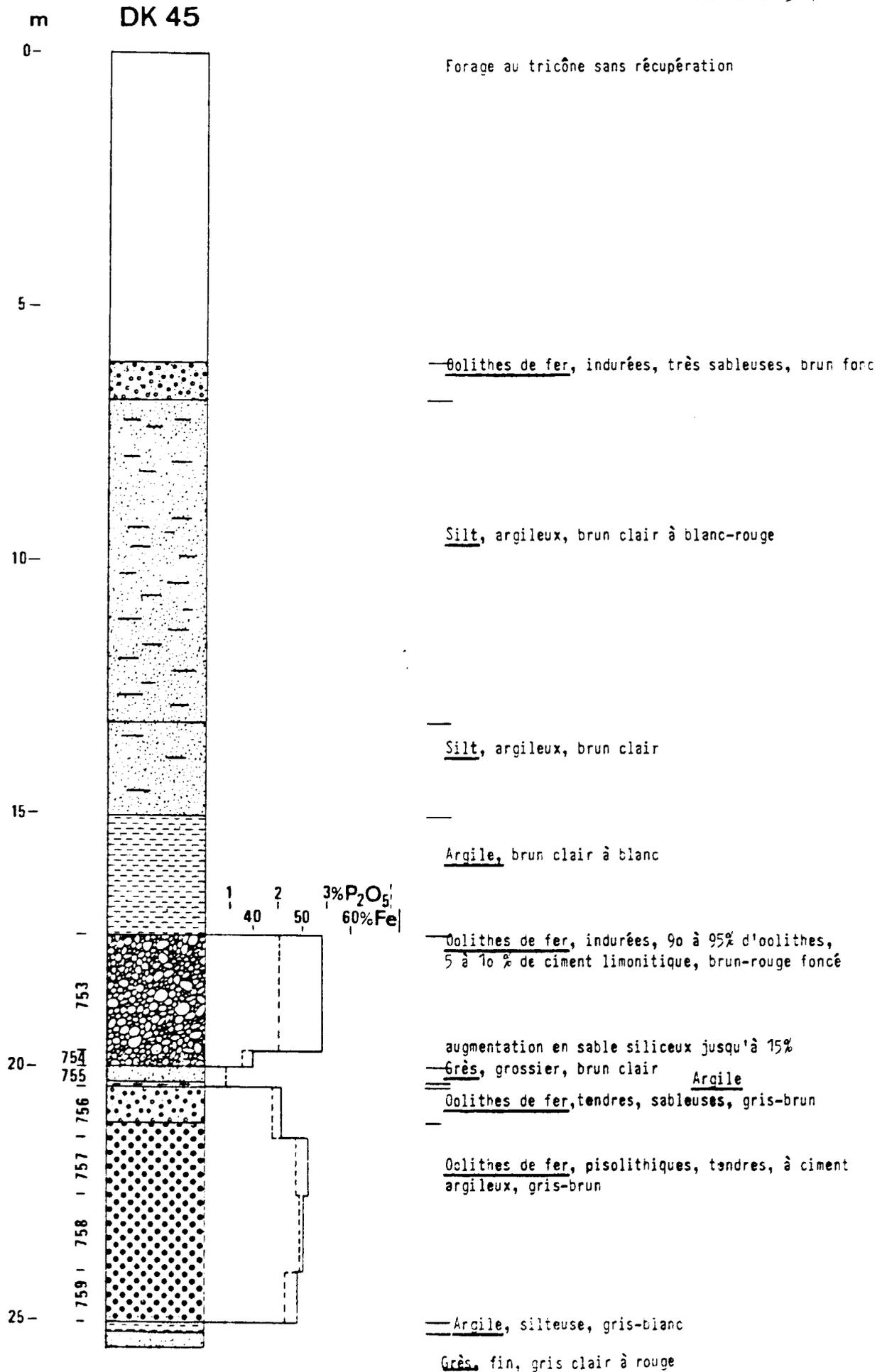


## DK 43

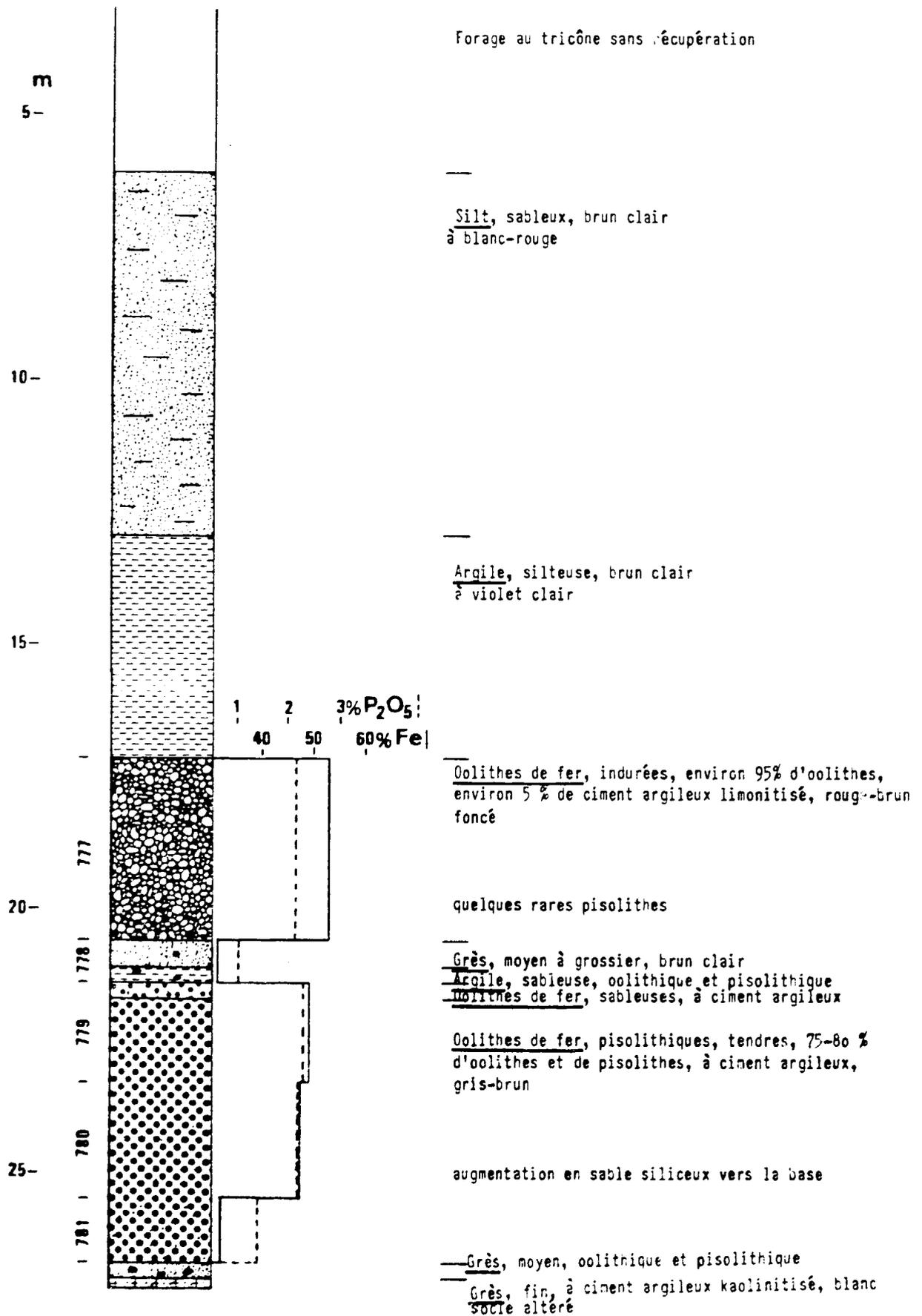


DK 44

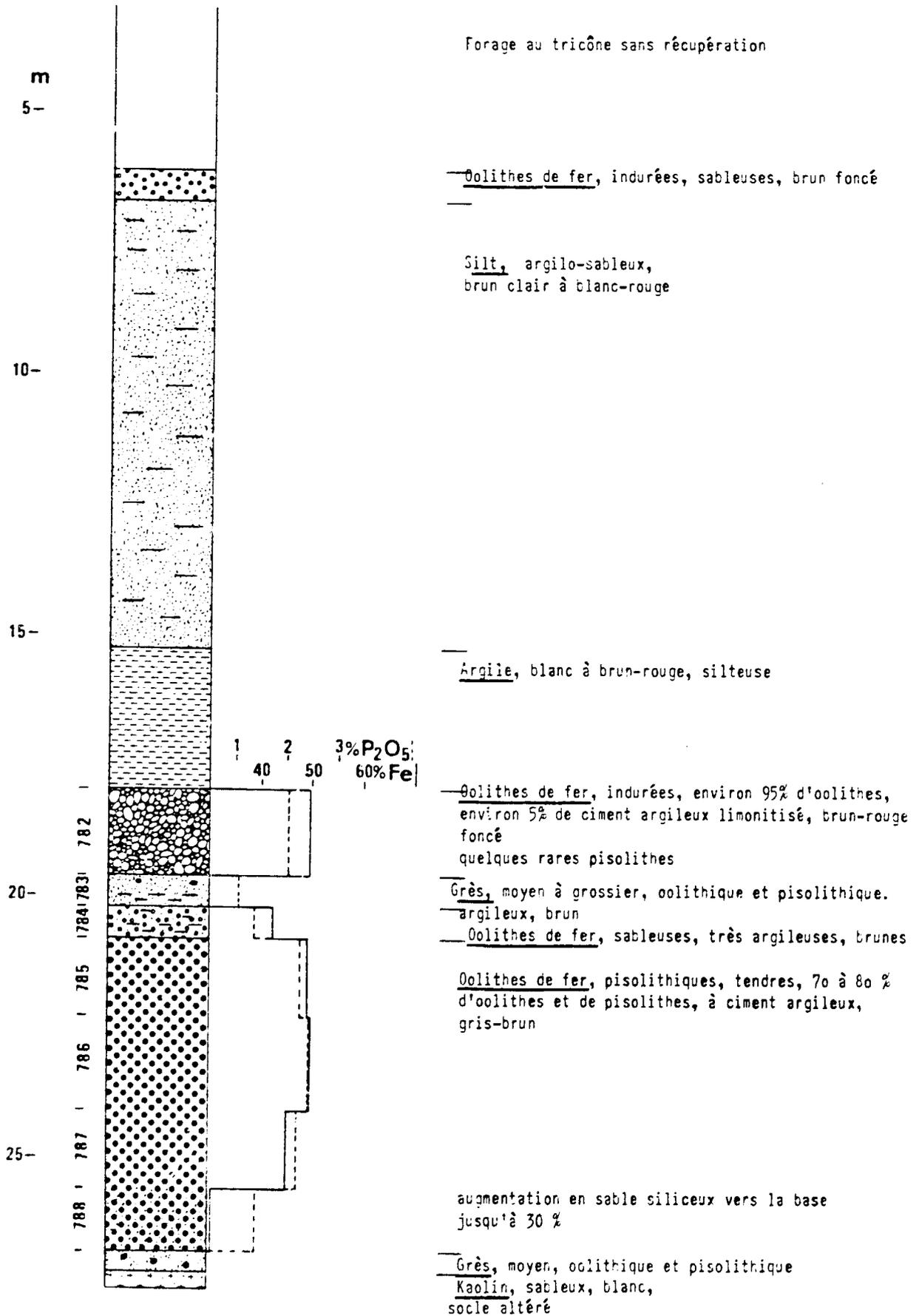




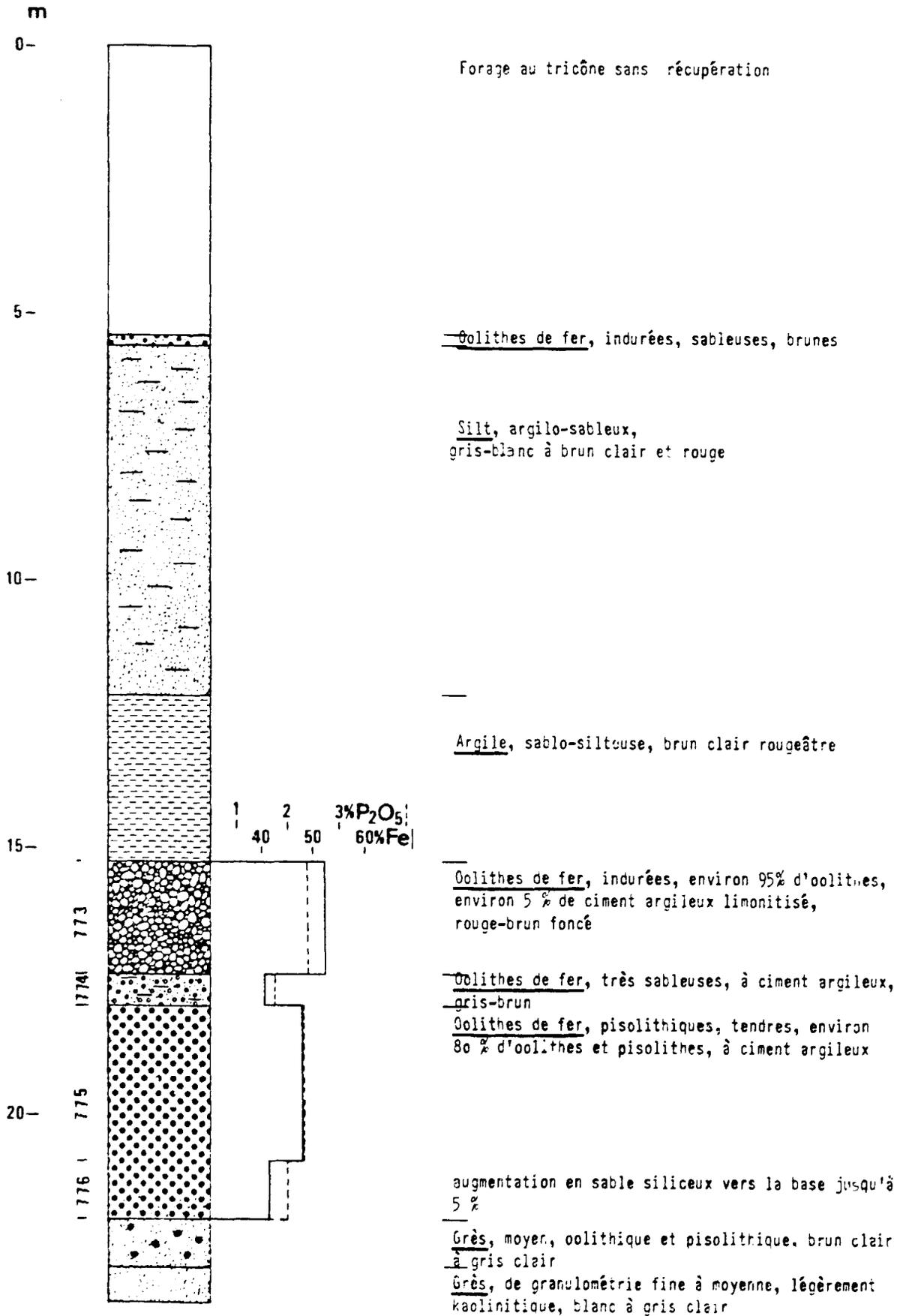
## DK 46



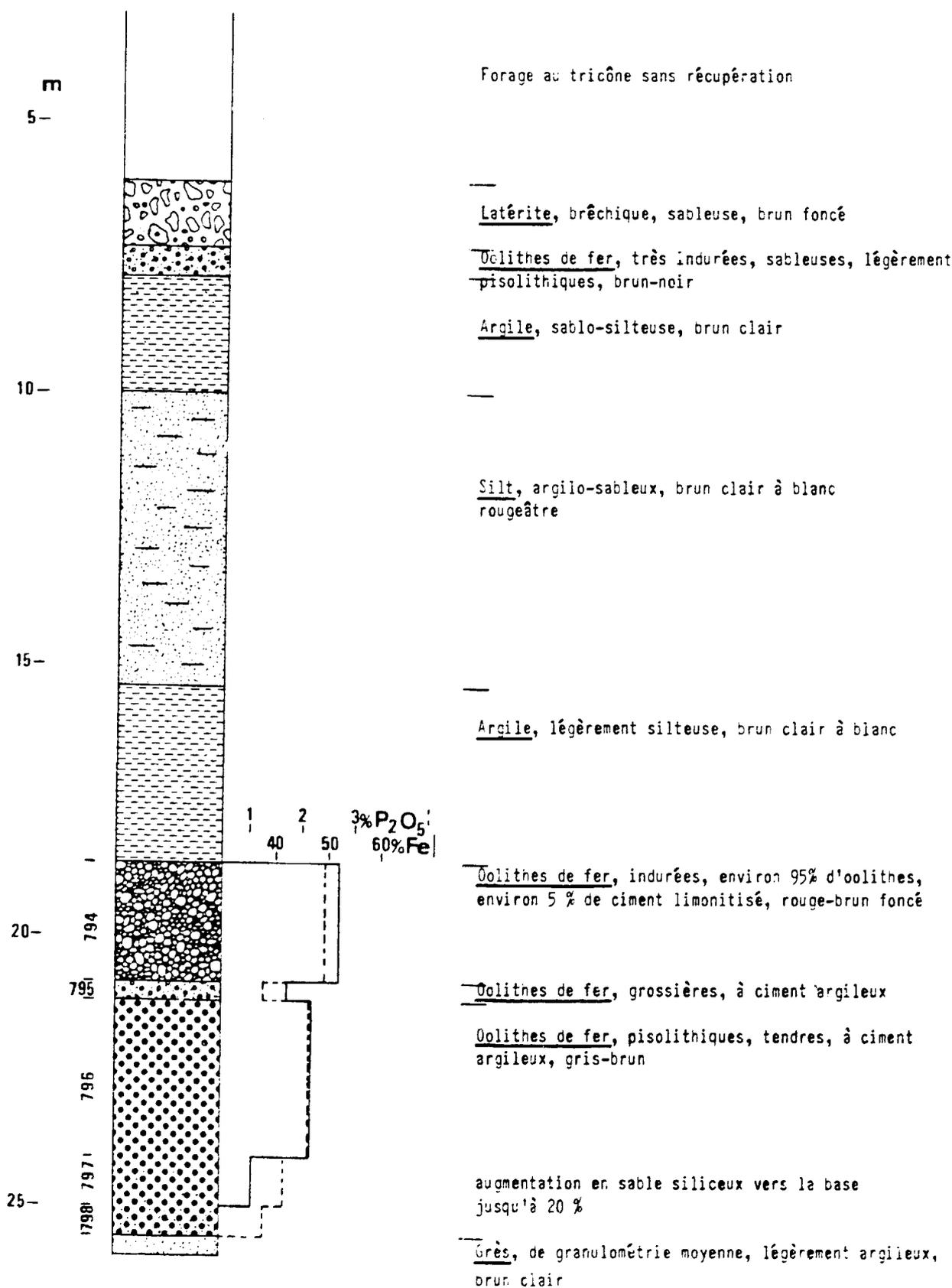
DK 47

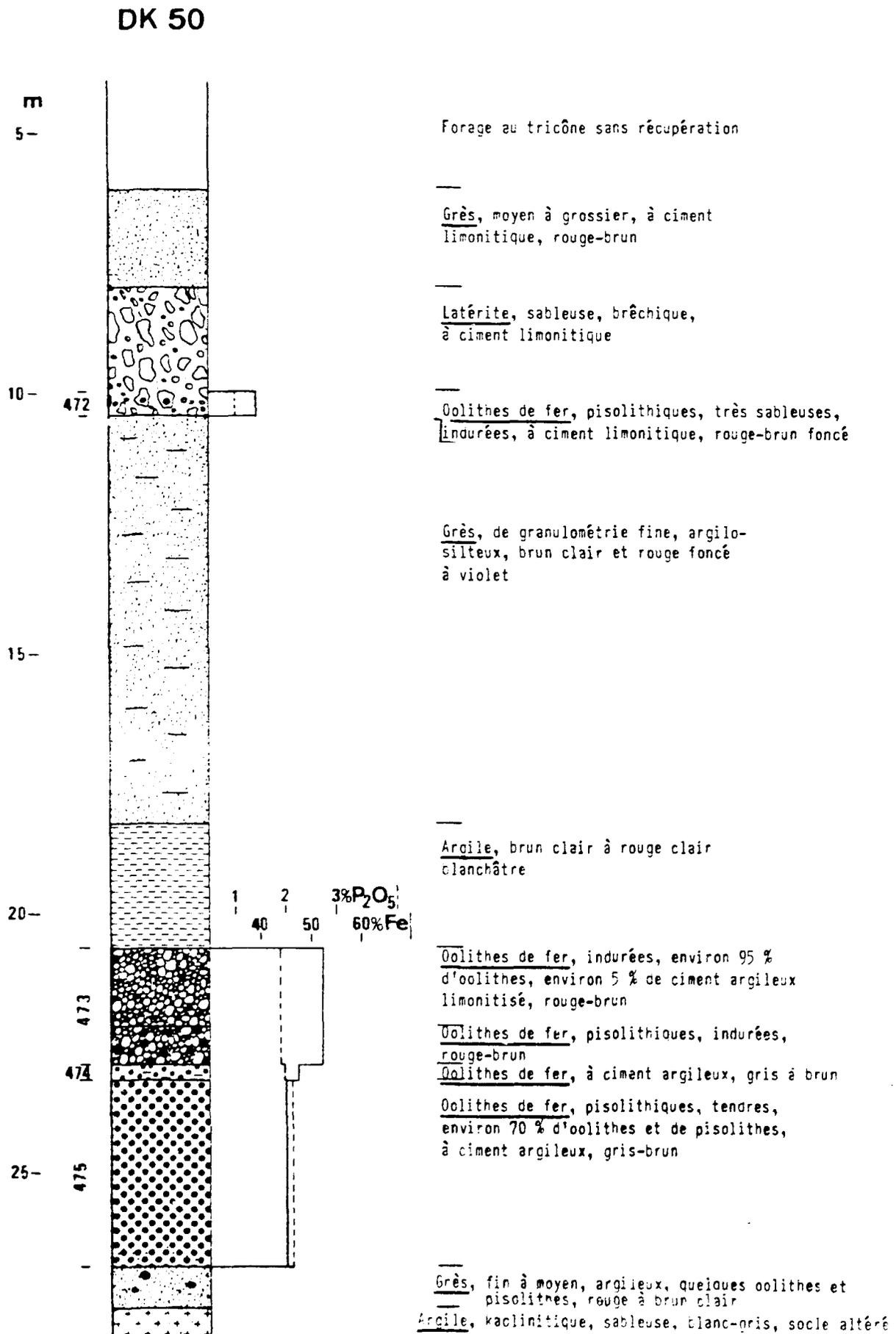


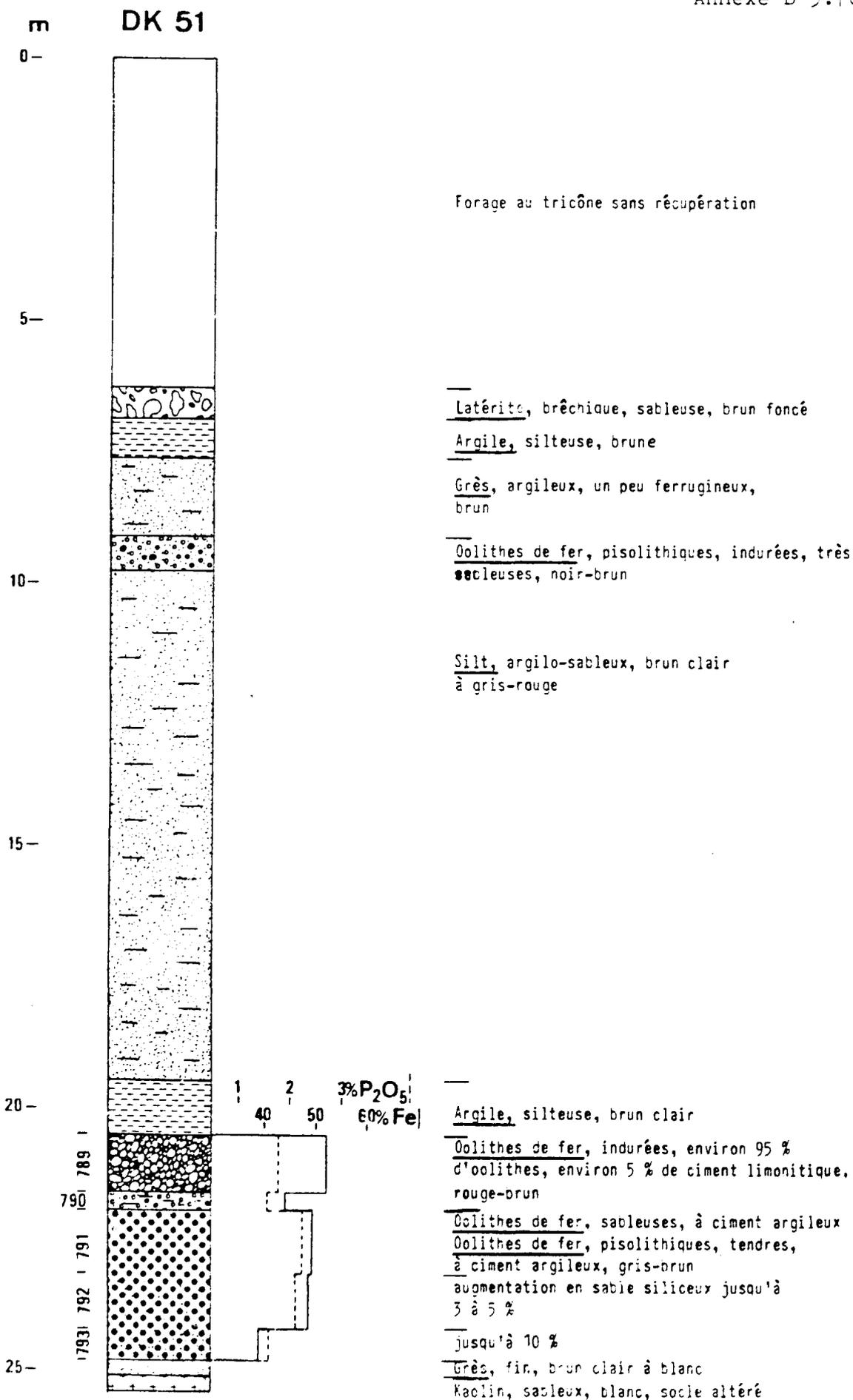
DK 48

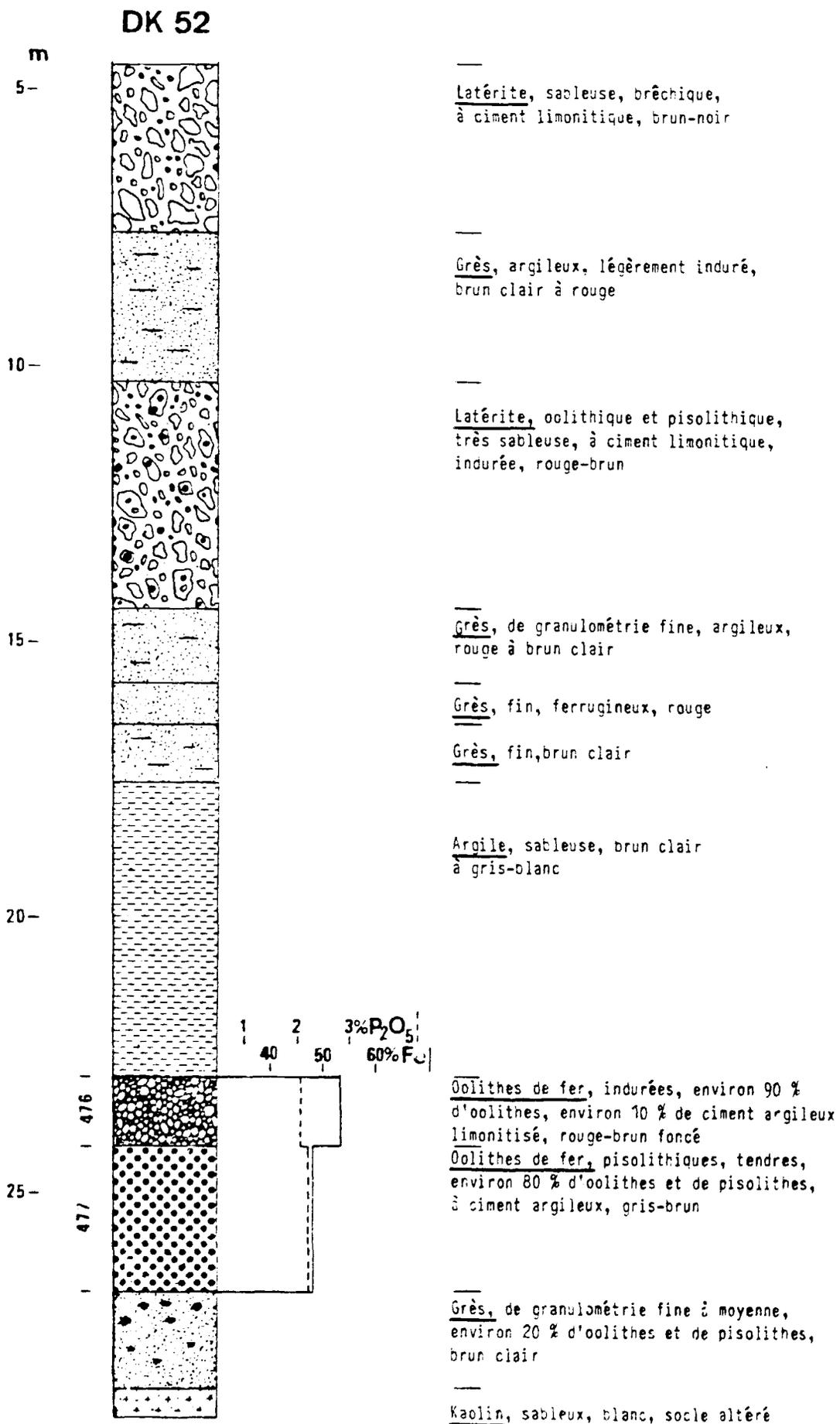


DK 49

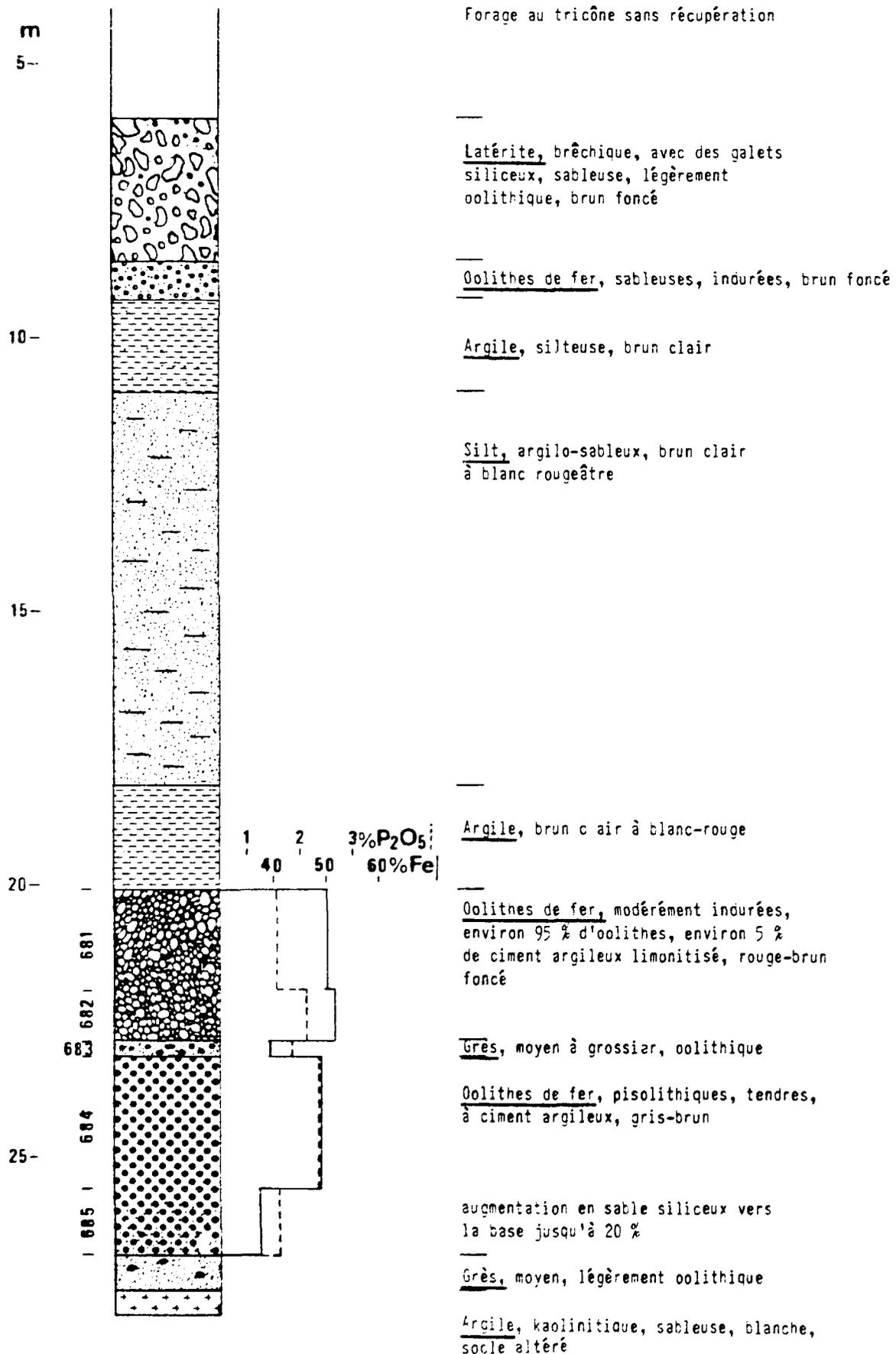




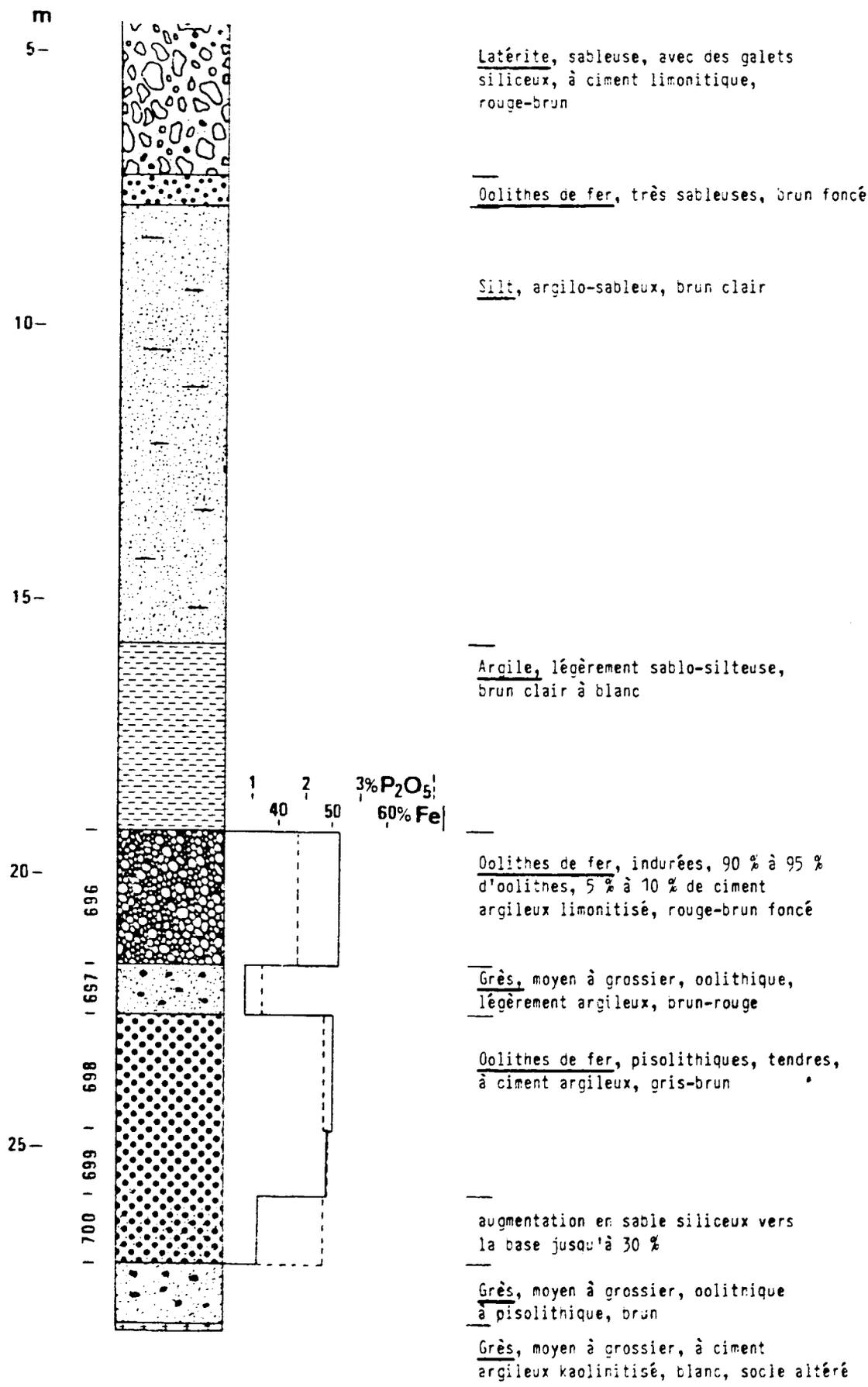




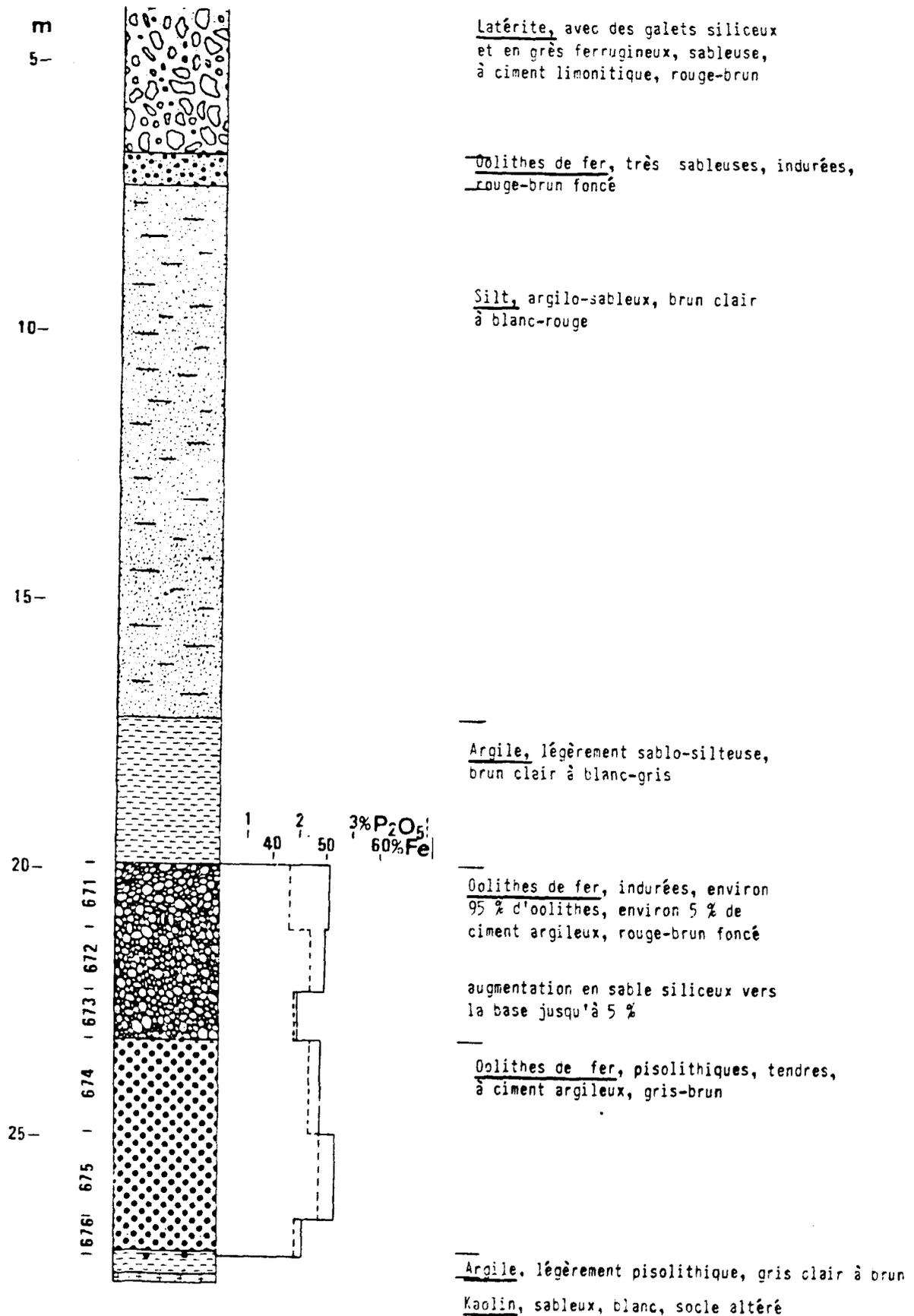
## DK 53

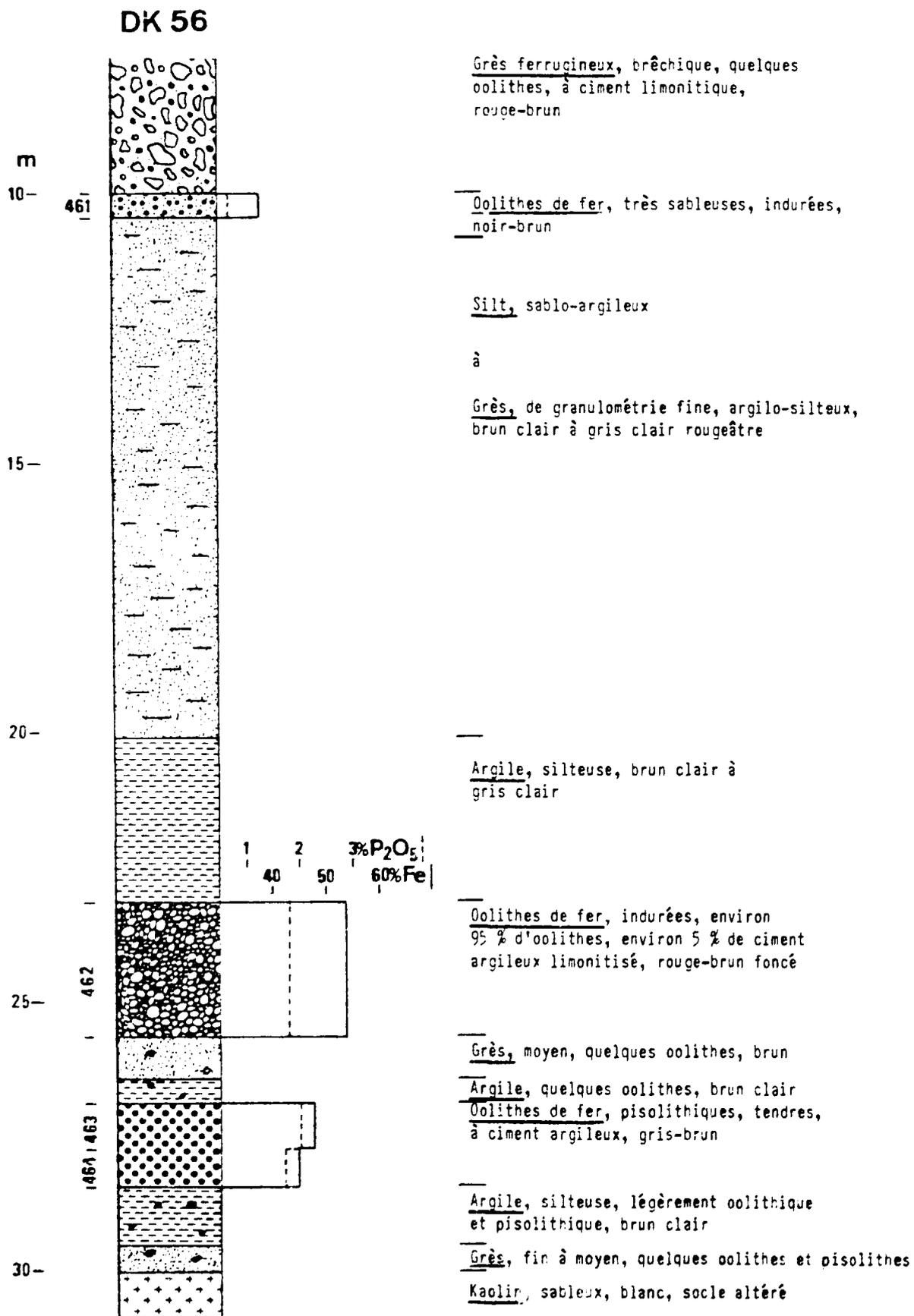


DK 54

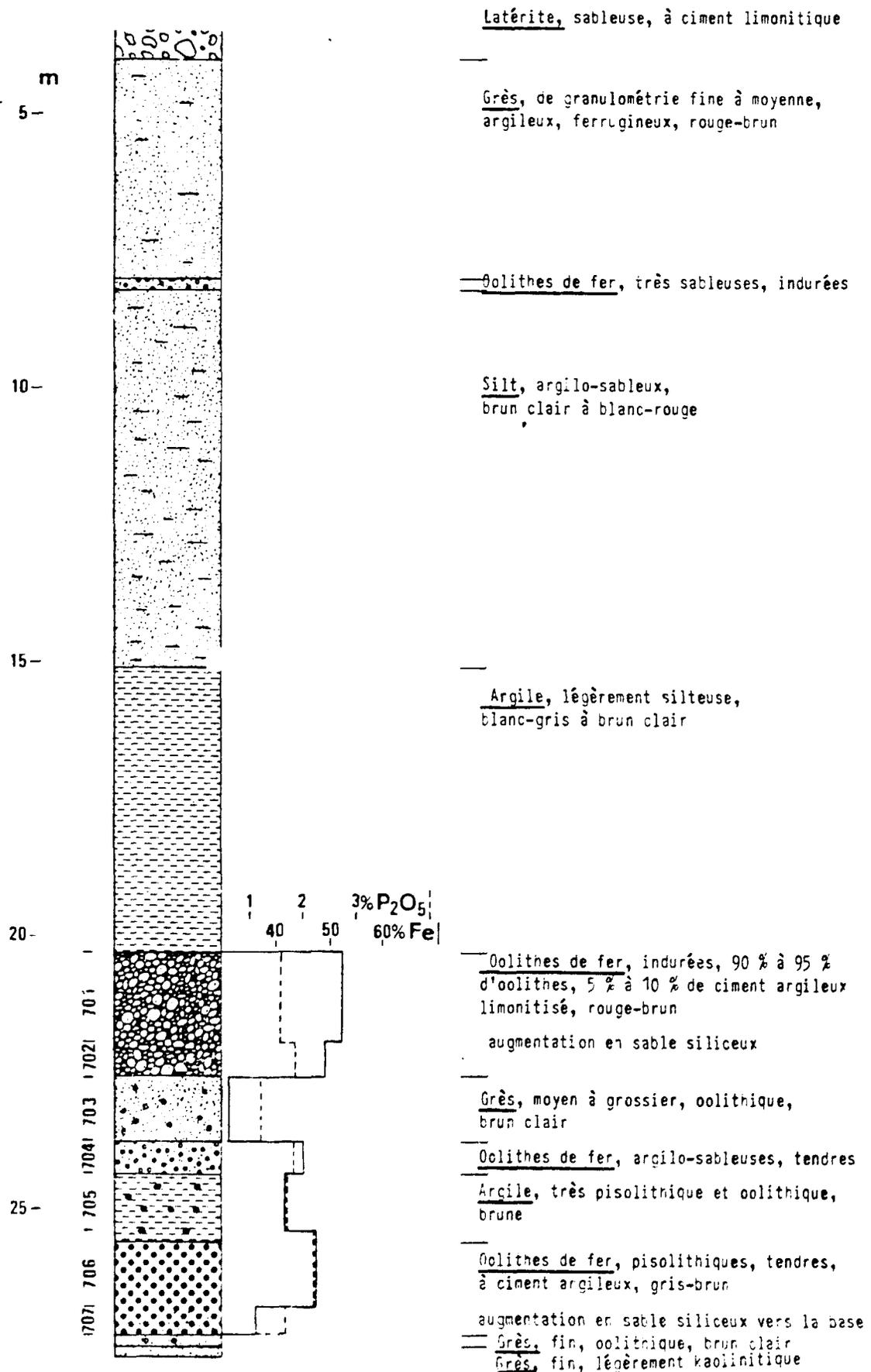


## DK 55

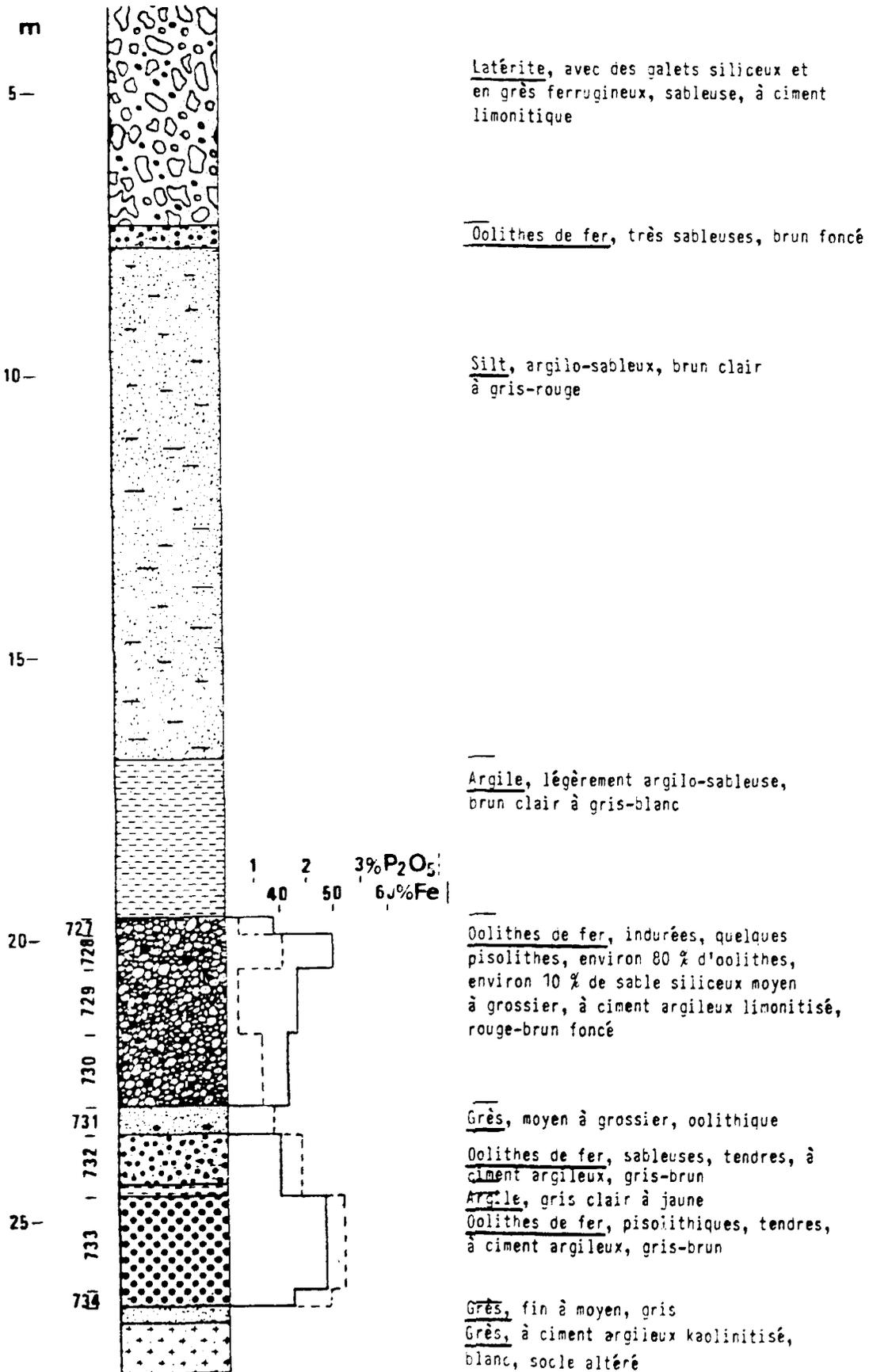




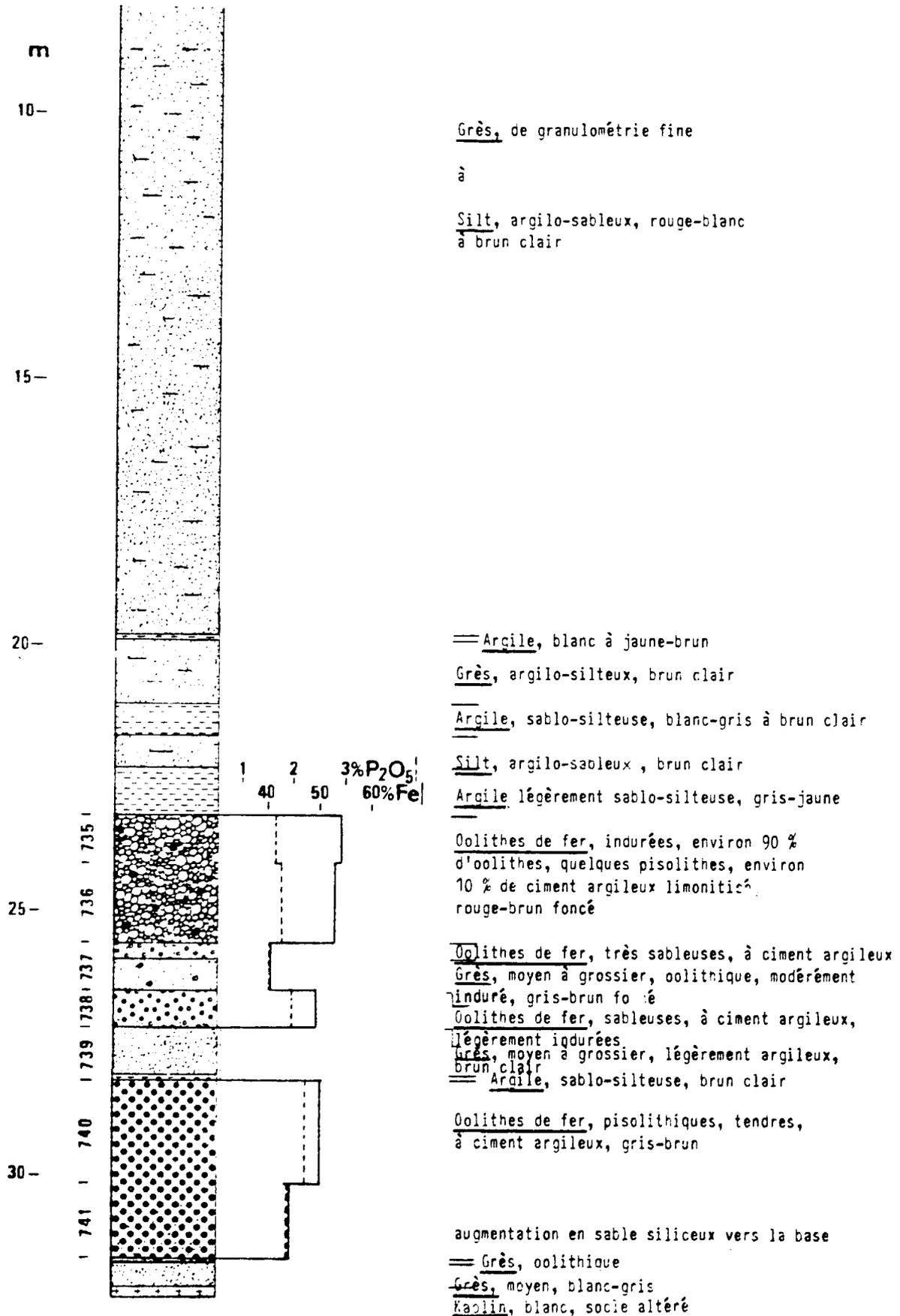
## DK 57

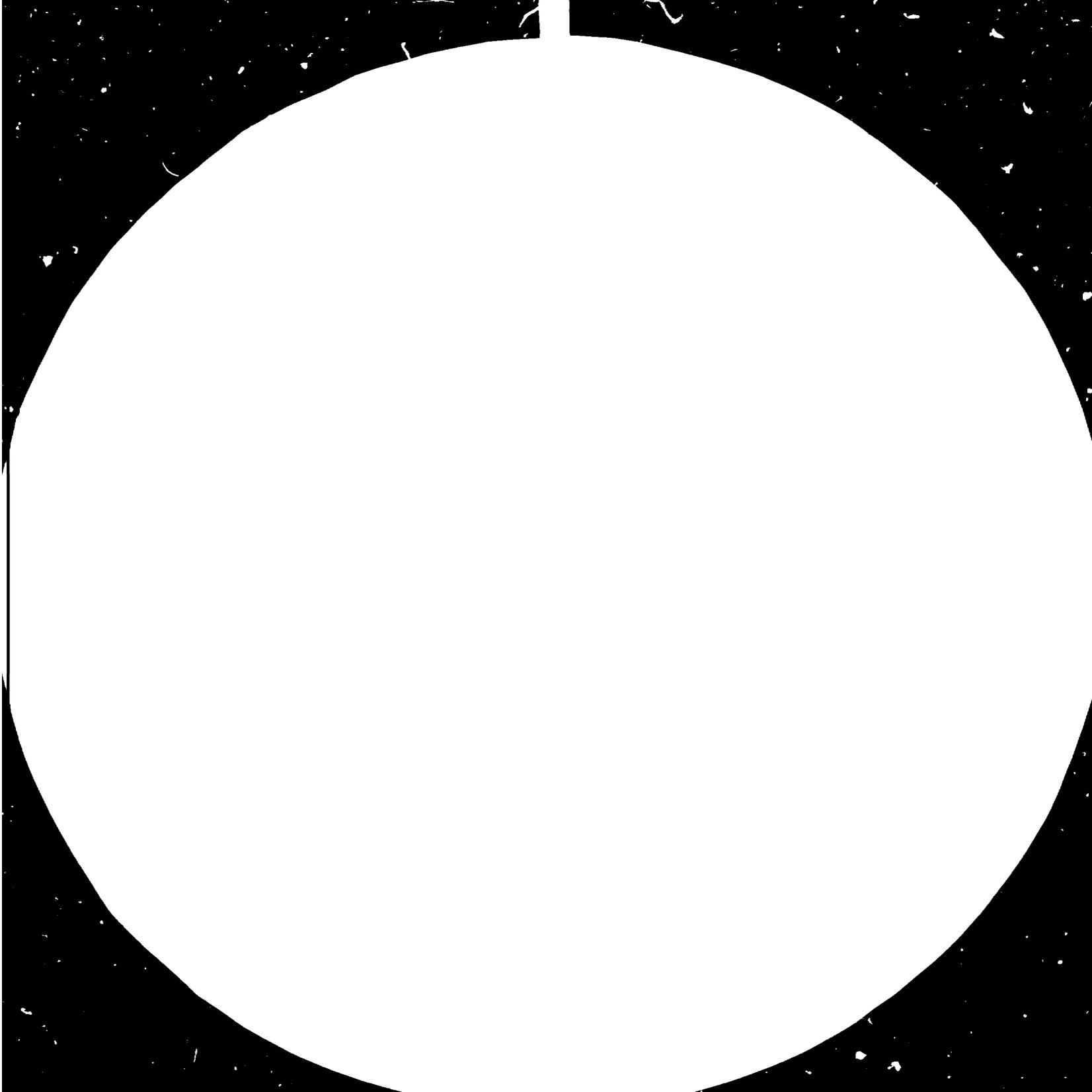


## DK 58



## DK 59







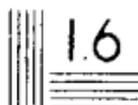
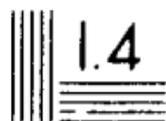
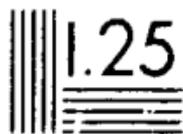
8 25

9 22



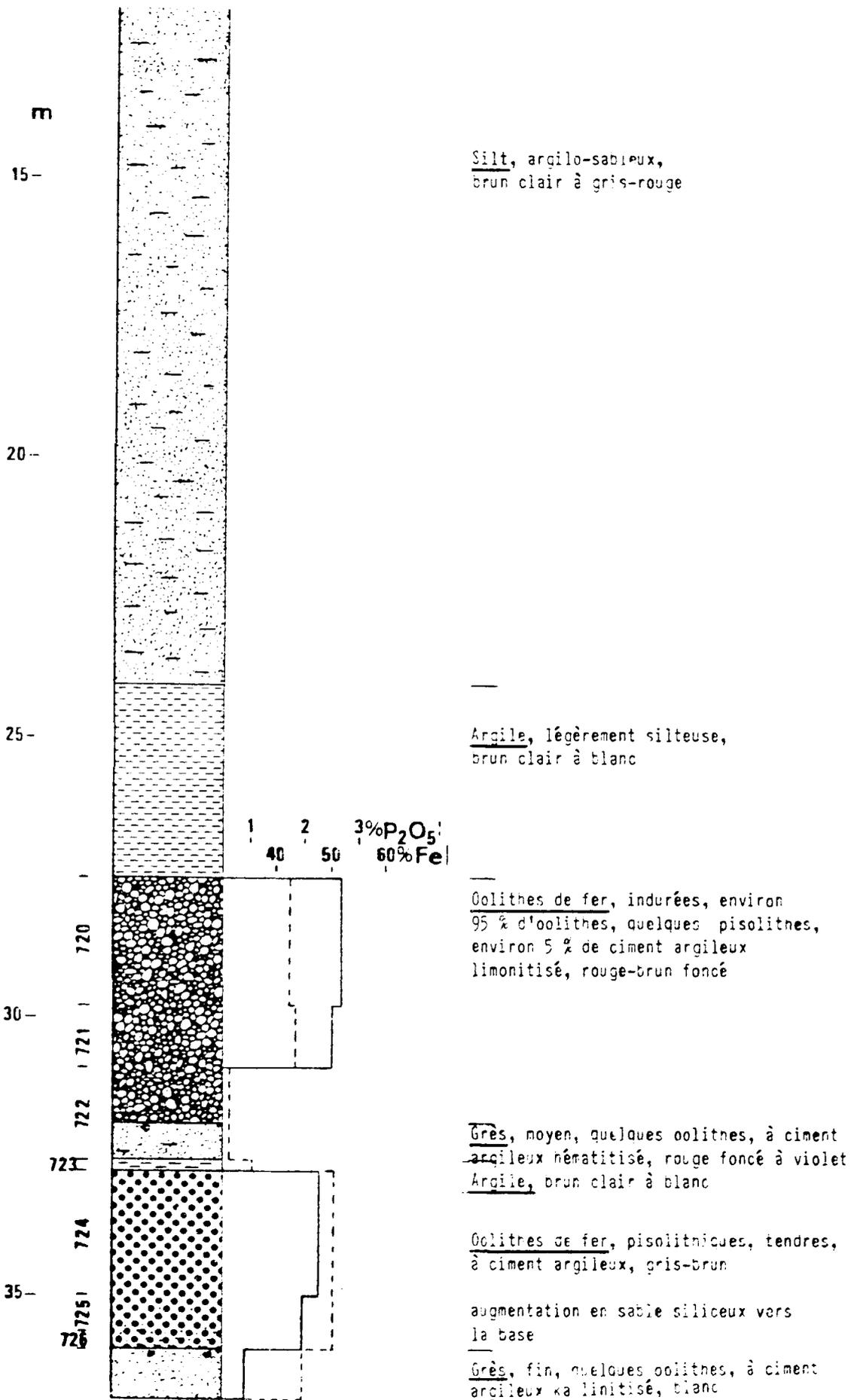
10 20

11 18

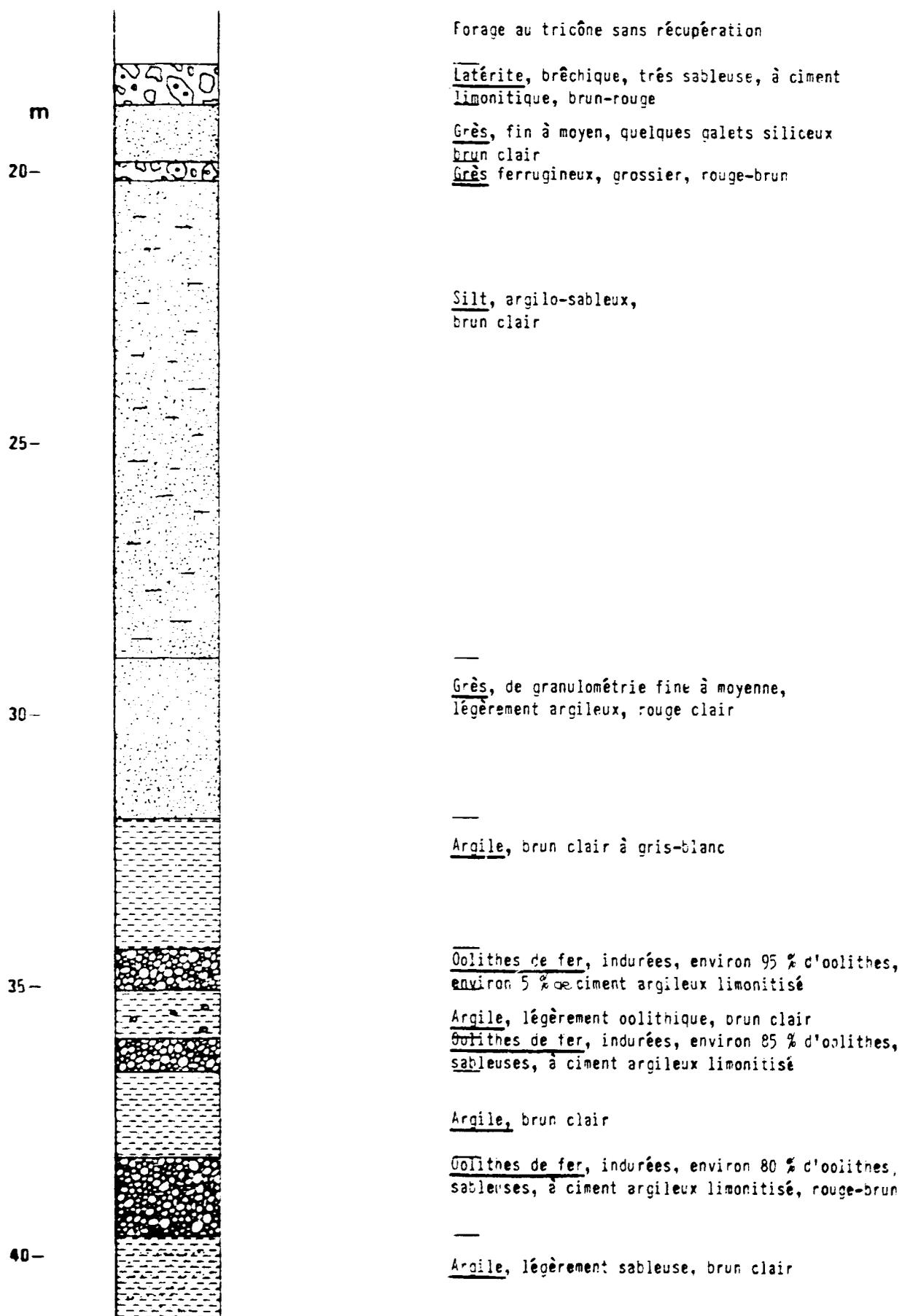


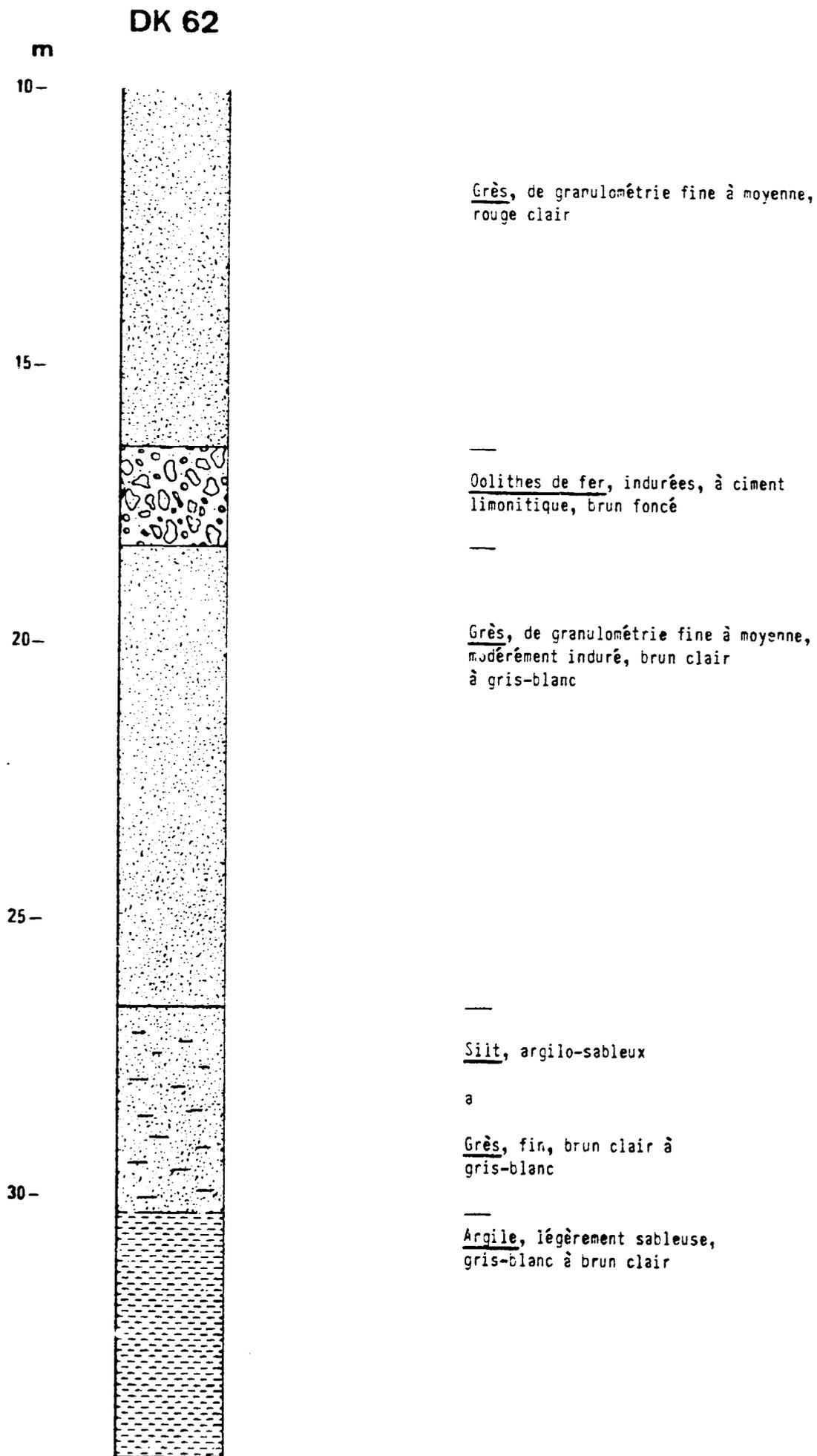
Resolution Test Chart  
1.0 1.1 1.25 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5

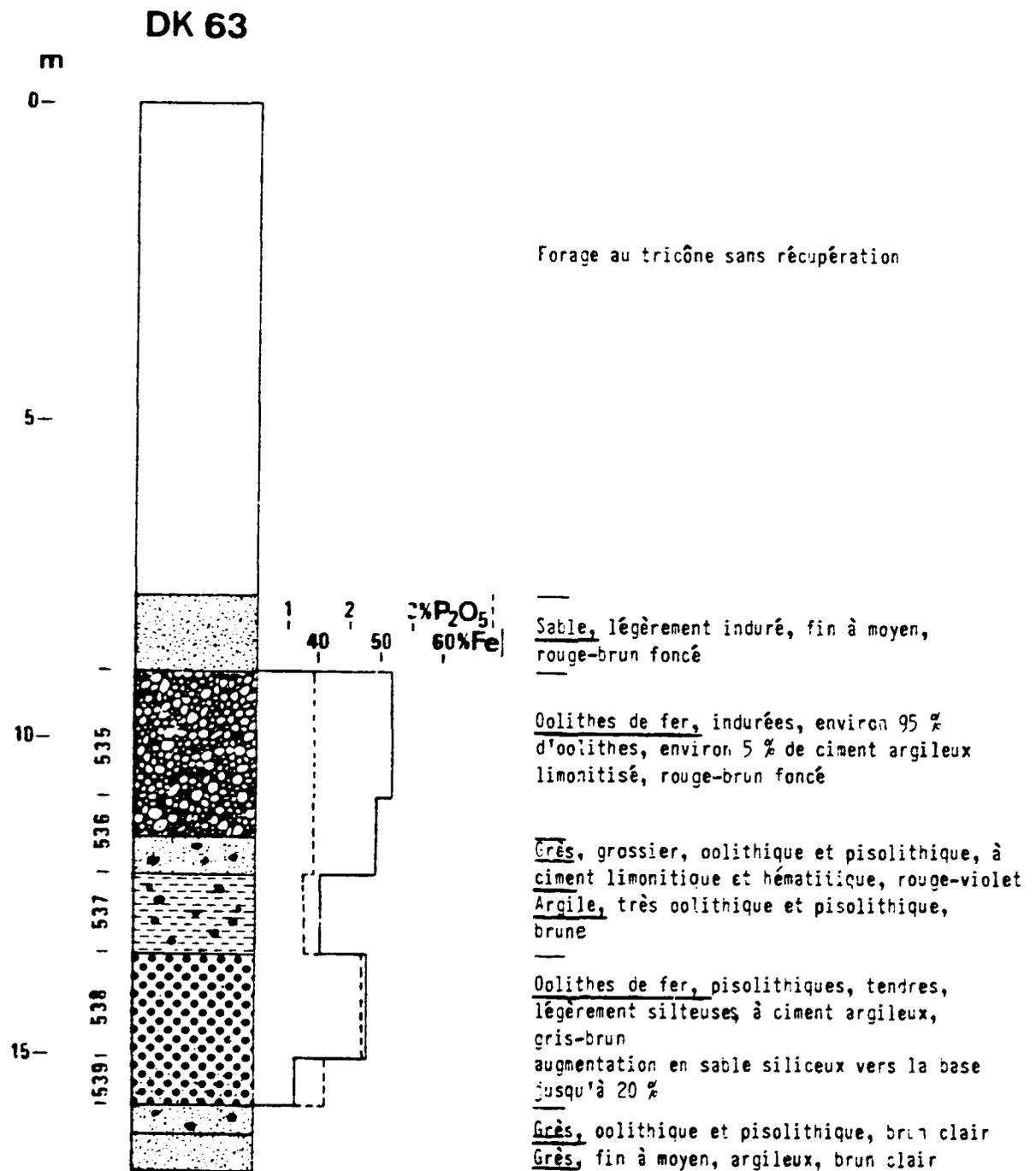
DK 60

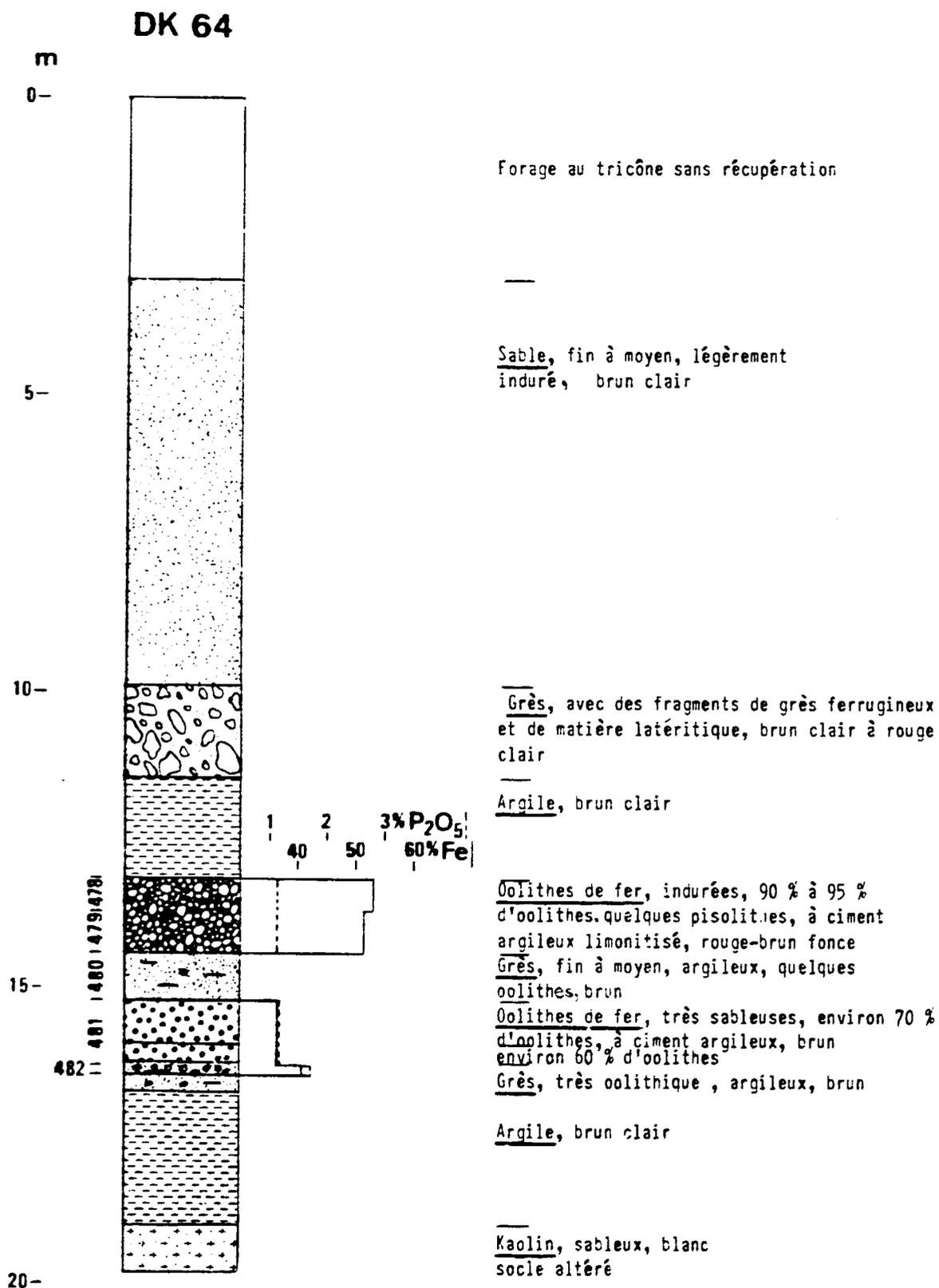


## DK 61

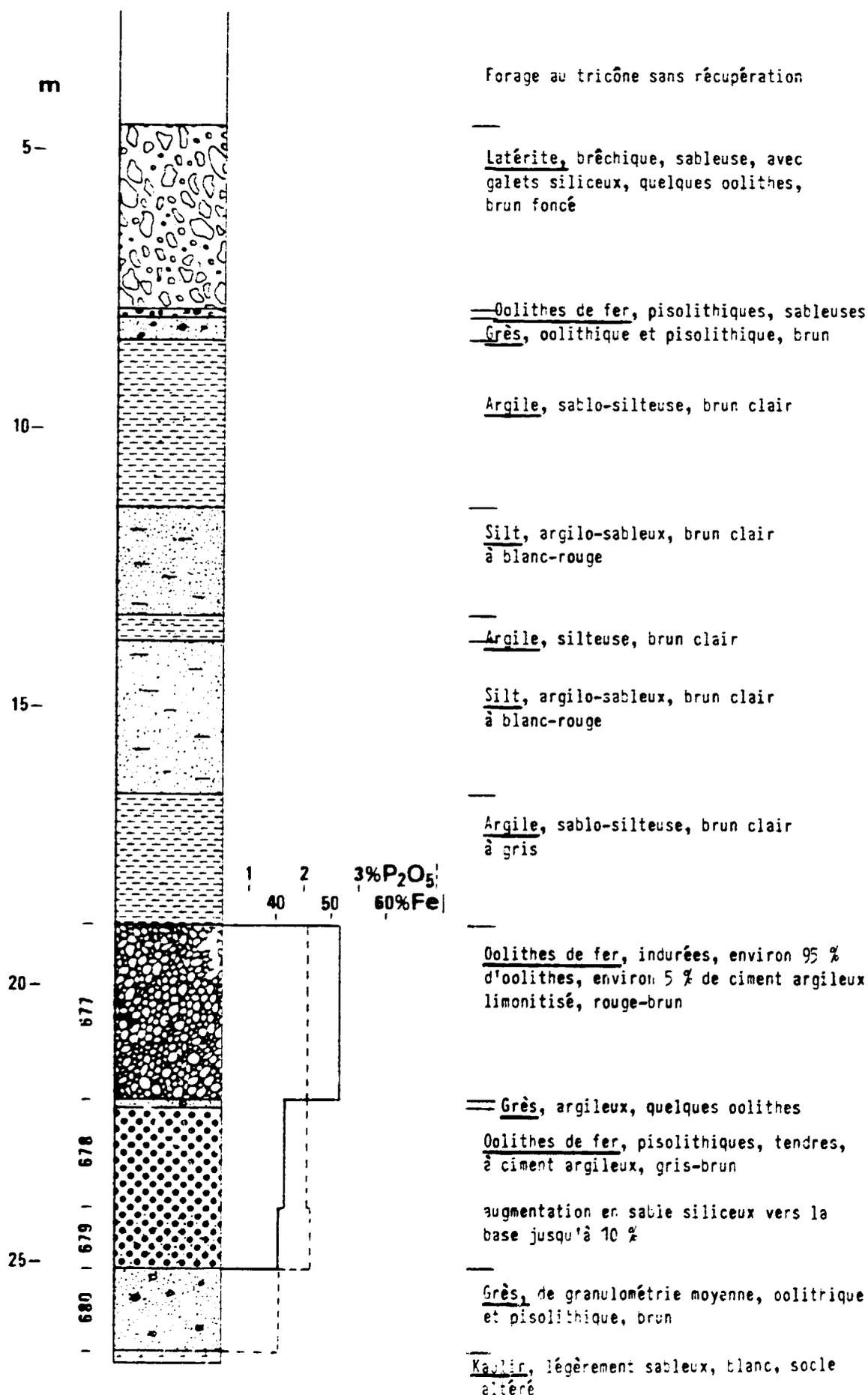


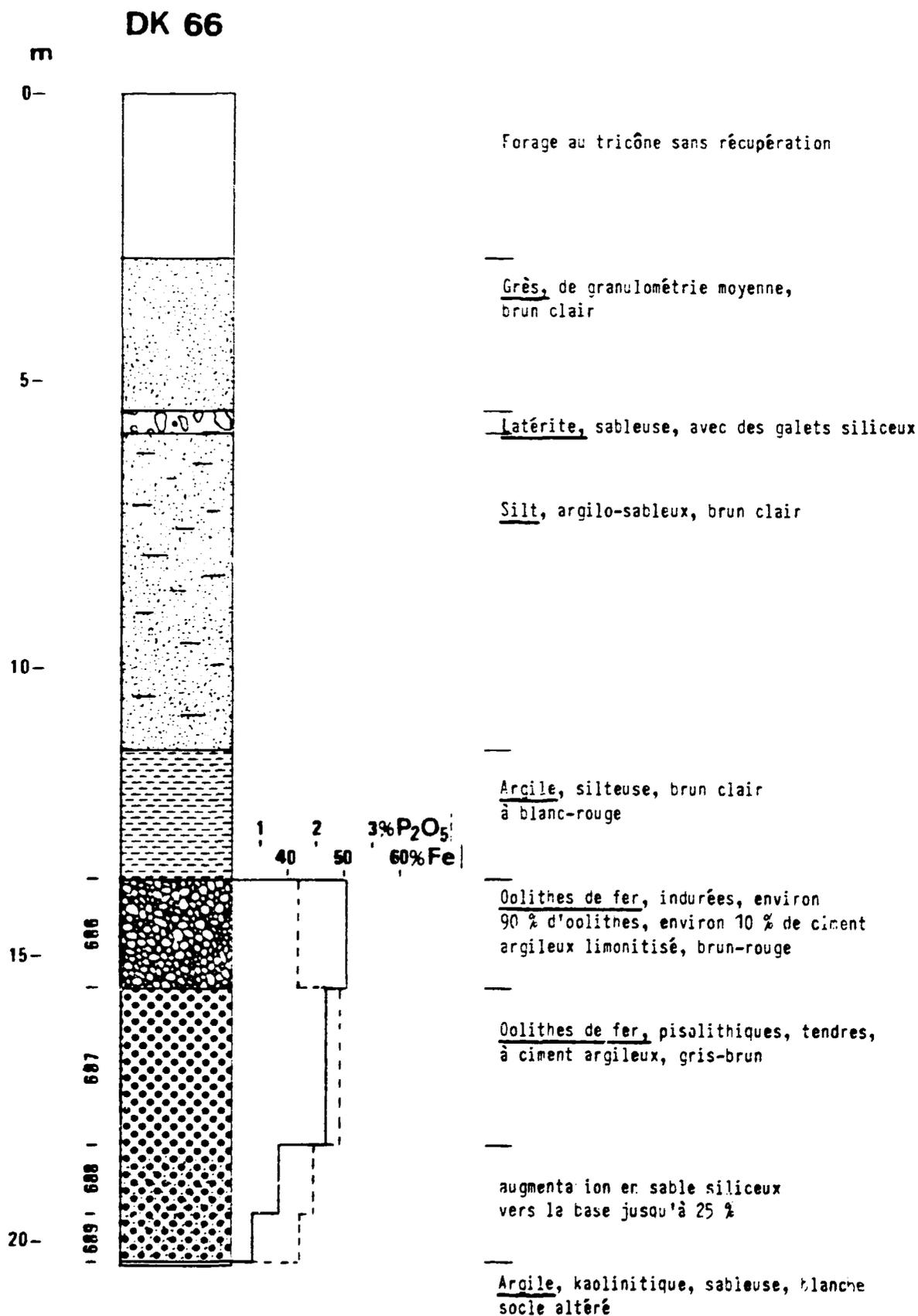




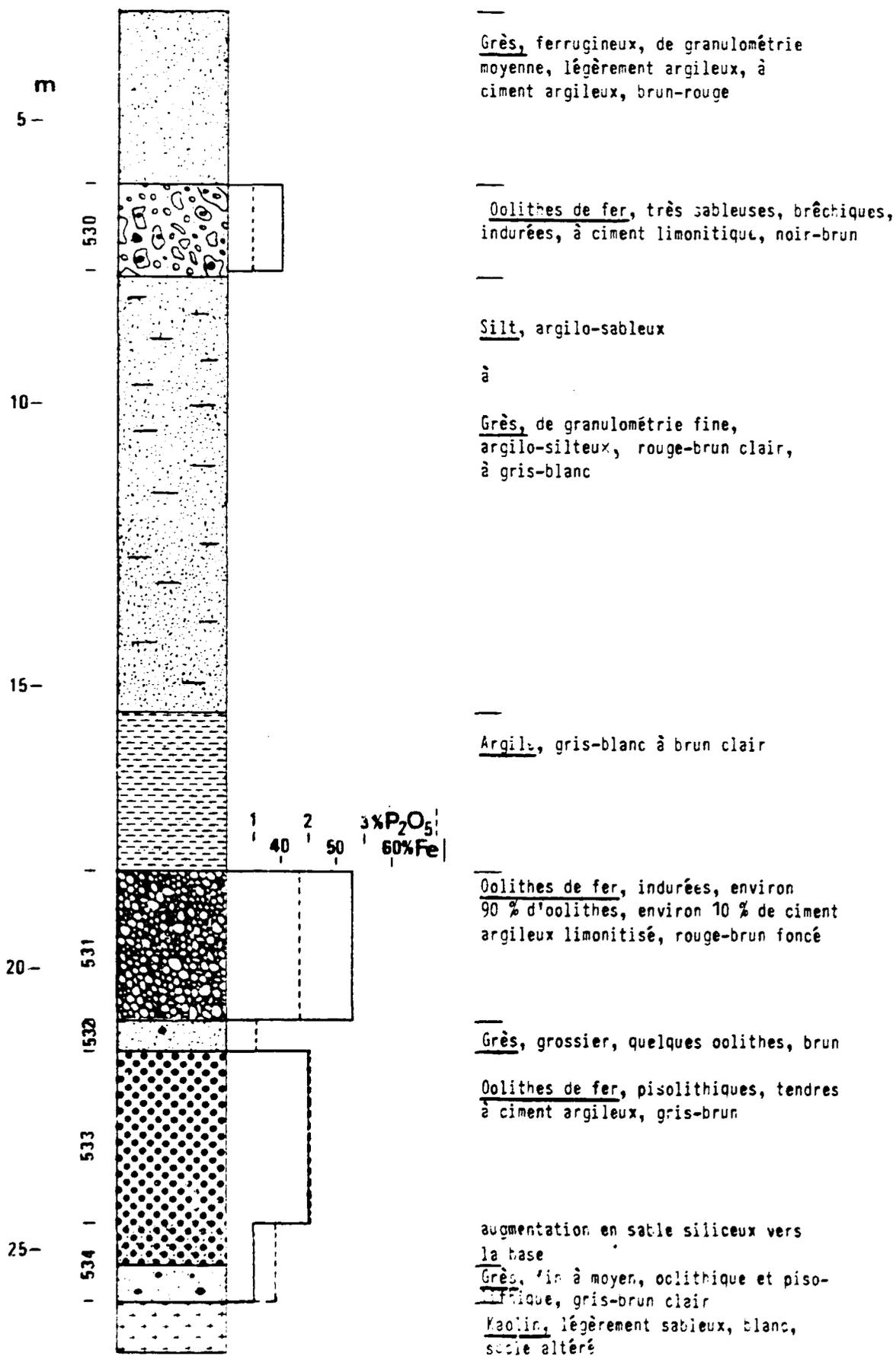


DK 65

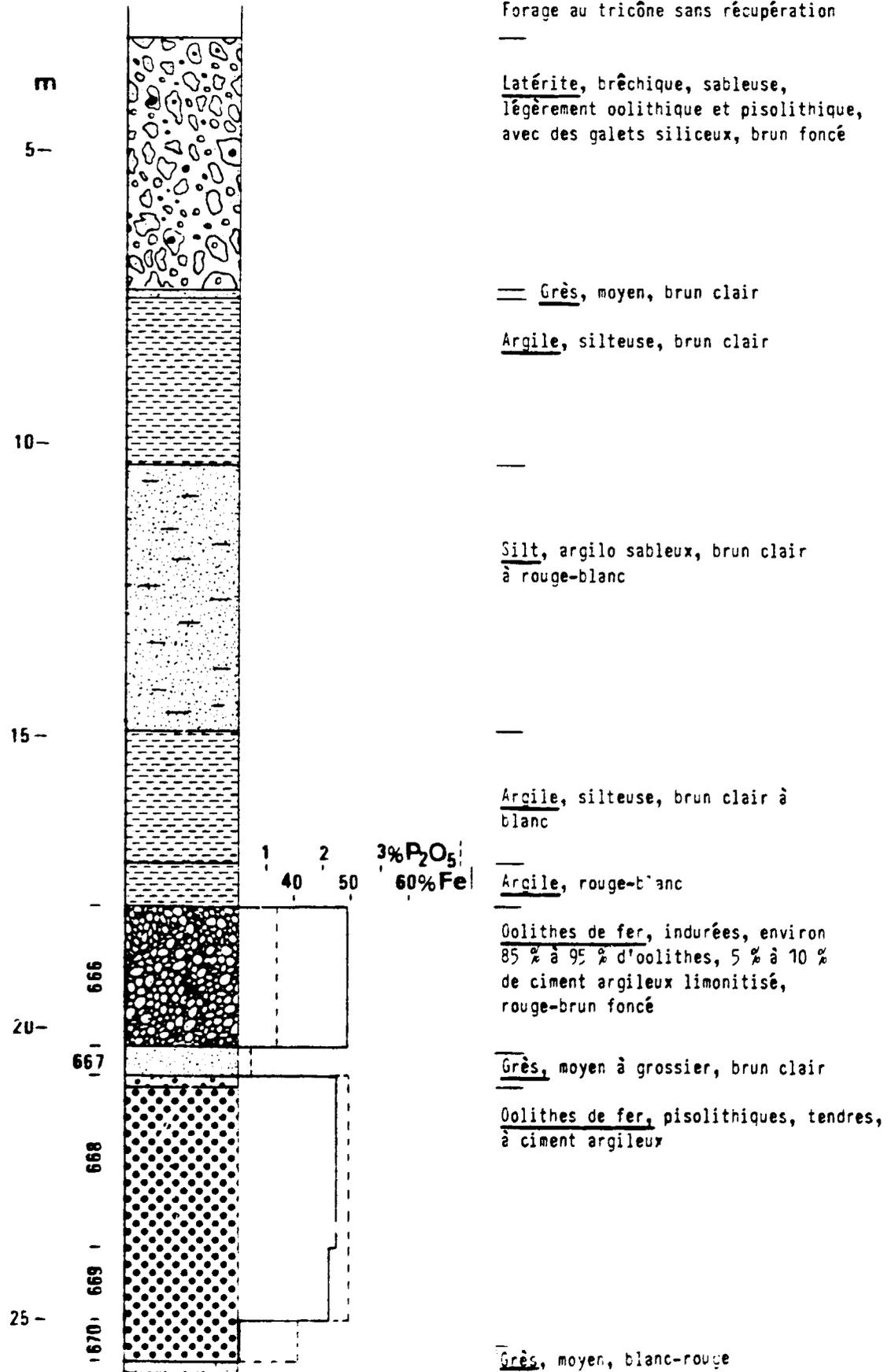




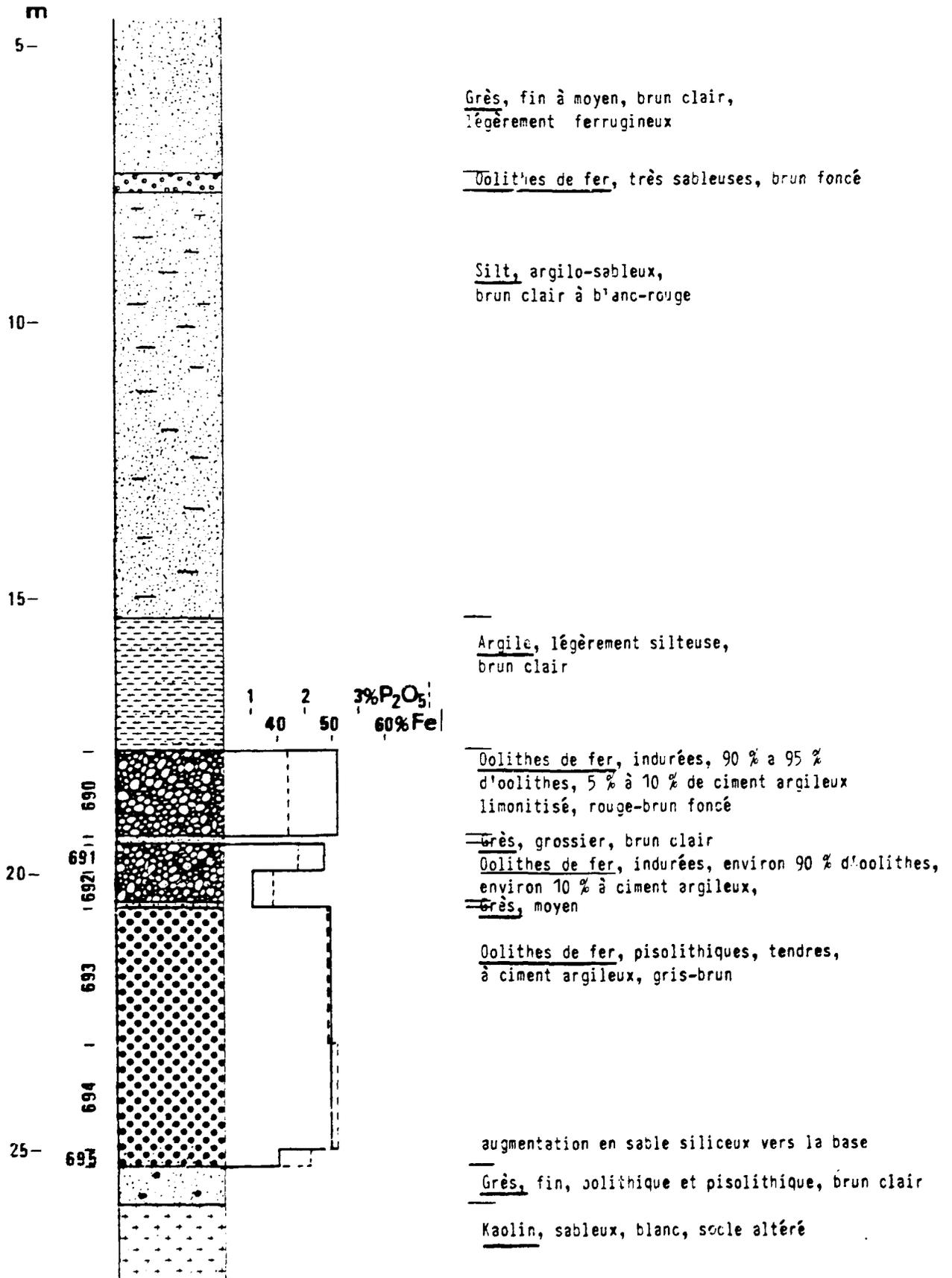
## DK 67



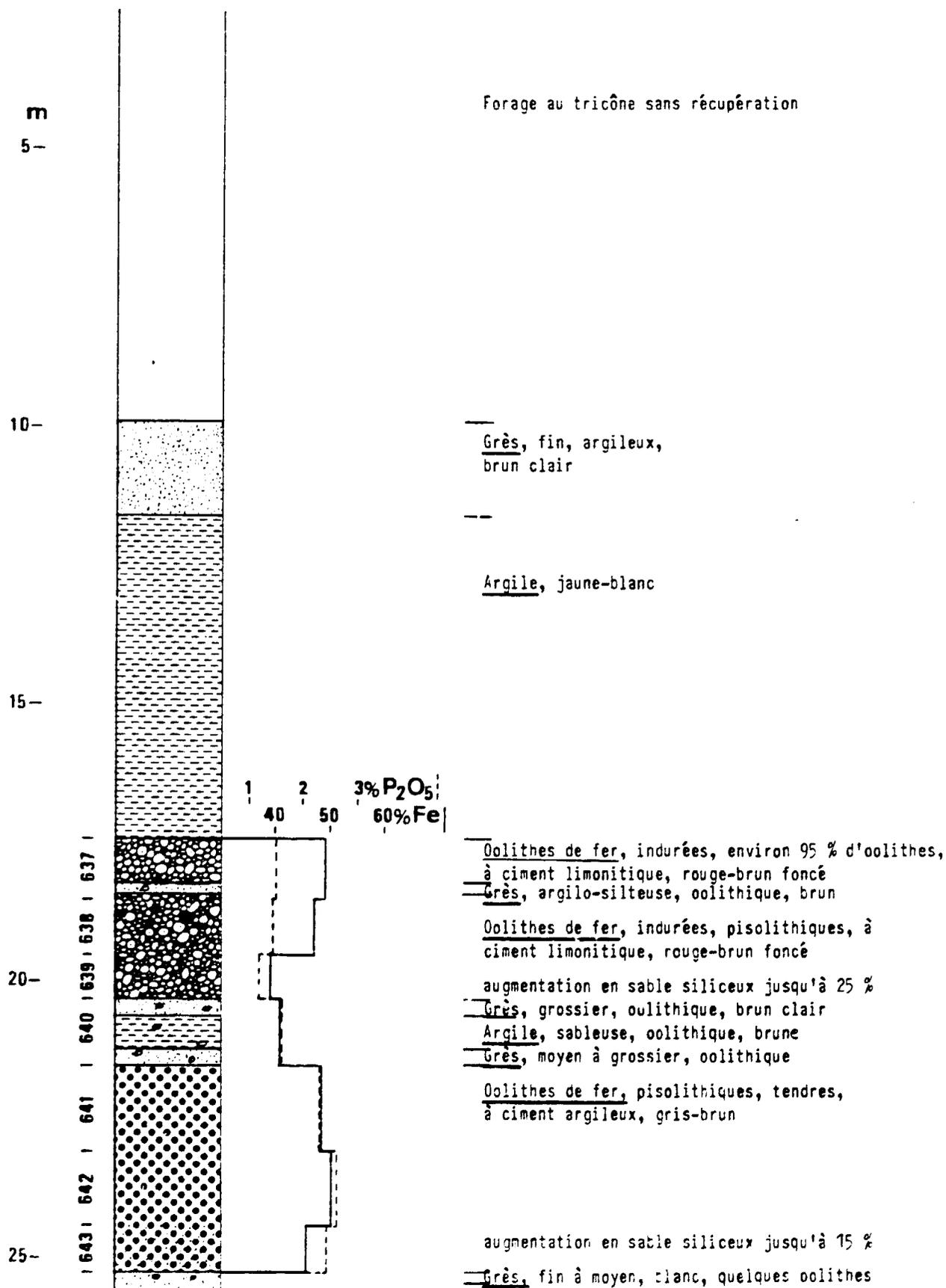
DK 68

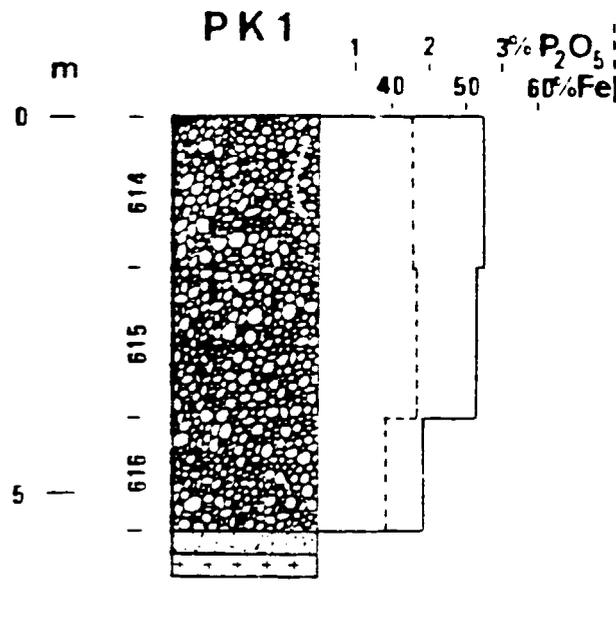


## DK 69



DK 70



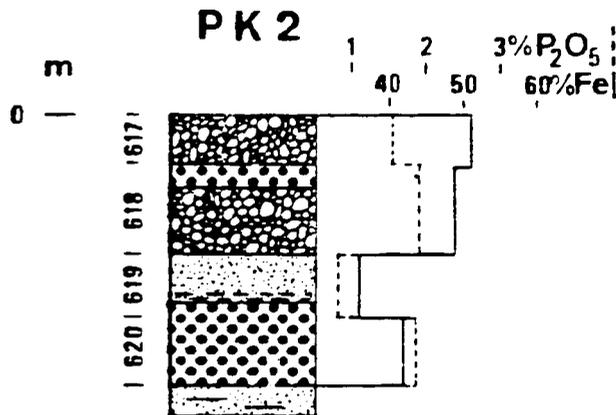


Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, à ciment limonitique, rouge-brun foncé

augmentation en sable siliceux vers la base jusqu'à 10 %

Grès, fin, rouge-jaune

Grès, fin, à ciment argileux kaolinisé, blanc-gris



Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, à ciment limonitisé, rouge-brun foncé

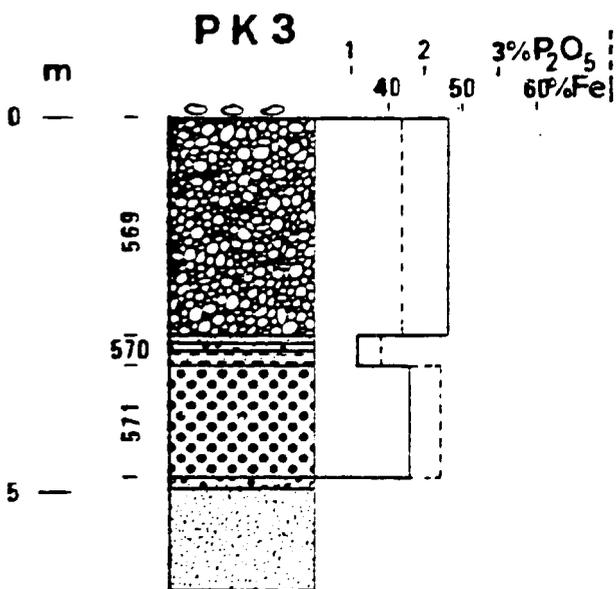
Pisolithes de fer, indurées, rouge-brun

Oolithes de fer, indurées, environ 95 % d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, argileux, incrustations de fer, brun

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, à ciment argileux, gris-brun

Grès, fin à moyen, argilo-silteux, brun à brun clair



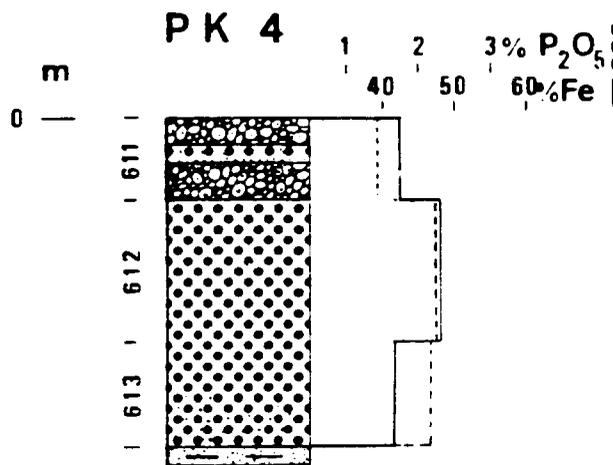
Oolithes de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes, quelques pisolithes, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, argileux, jaune-brun Oolithes de fer Argile, très sableuse

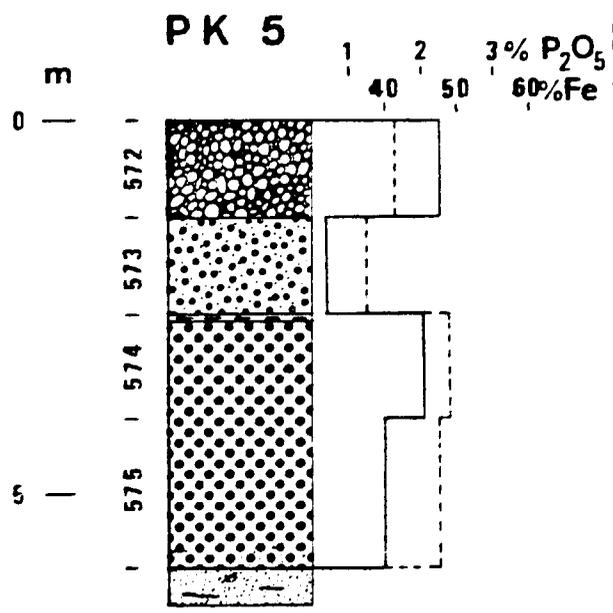
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, environ 70 % d'oolithes et de pisolithes, à ciment argileux, gris-brun

Oolithes de fer, très sableuses

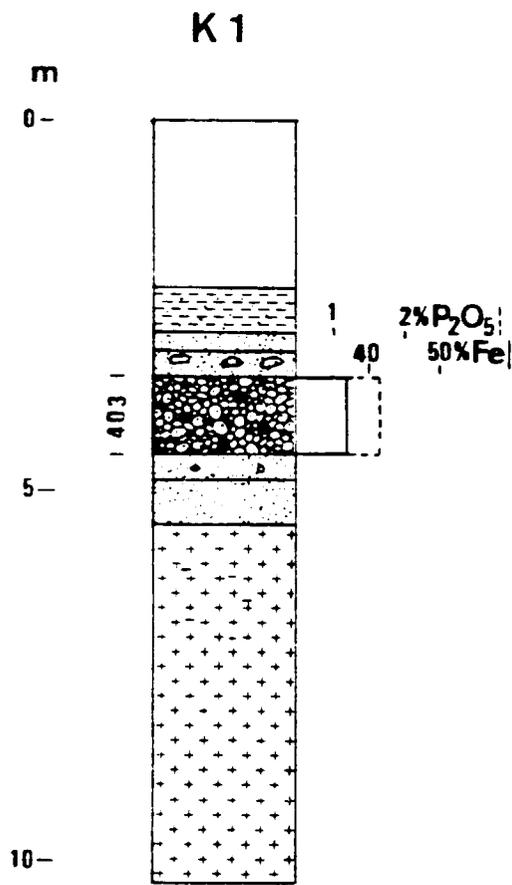
Grès, fin à moyen, argileux, rouge-jaune à blanc-jaune



Oolithes de fer, indurées, sableuses  
Pisolithes de fer, indurées, sableuses  
Oolithes de fer, indurées, sableuses  
Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, environ 80 % à 90 % d'oolithes et pisolithes, à ciment argileux, gris-brun  
 augmentation en sable siliceux vers la base jusqu'à 20-30 %  
 —  
Grès, moyen, argileux, rouge-jaune

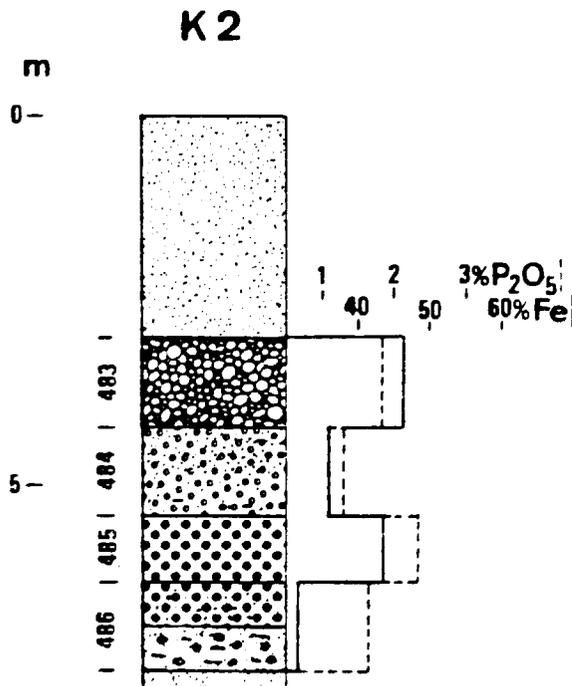


Oolithes de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé  
Oolithes de fer, environ 15 % à 20 % grès, moyen, à ciment argileux, gris-brun  
 — Argile et incrustation de fer, sableuse  
Oolithes de fer, pisolithiques, légèrement indurées, sableuses, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun  
 augmentation en sable siliceux vers la base jusqu'à 10 %  
 —  
Grès, fin, légèrement oolithique, argileux, brun-jaune à blanc-jaune



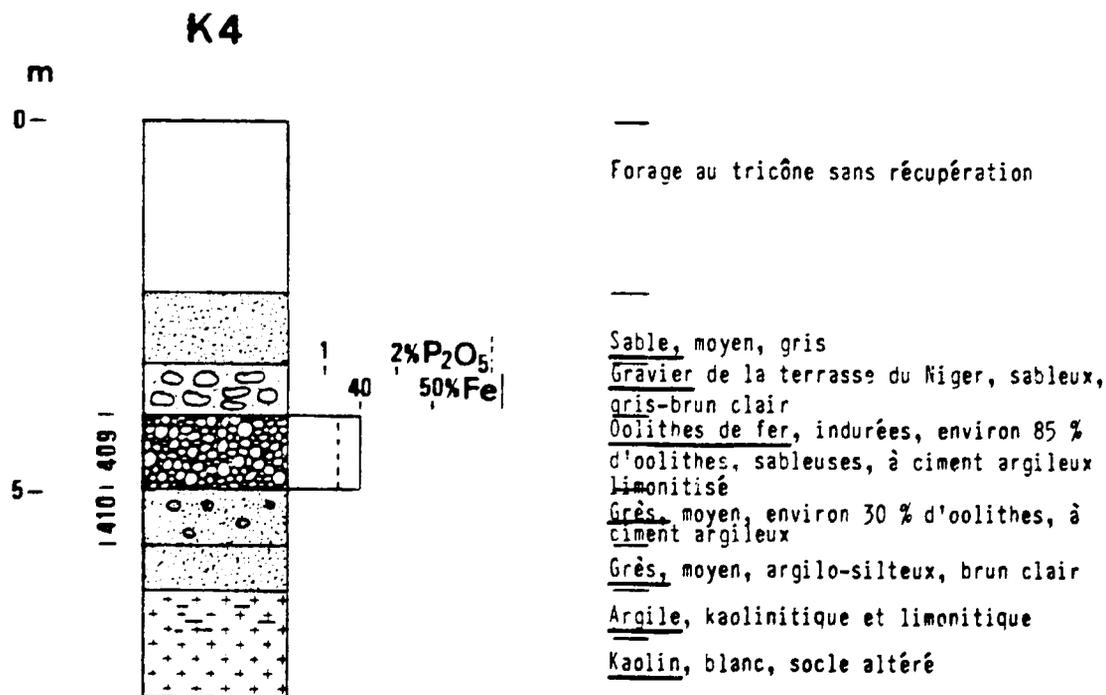
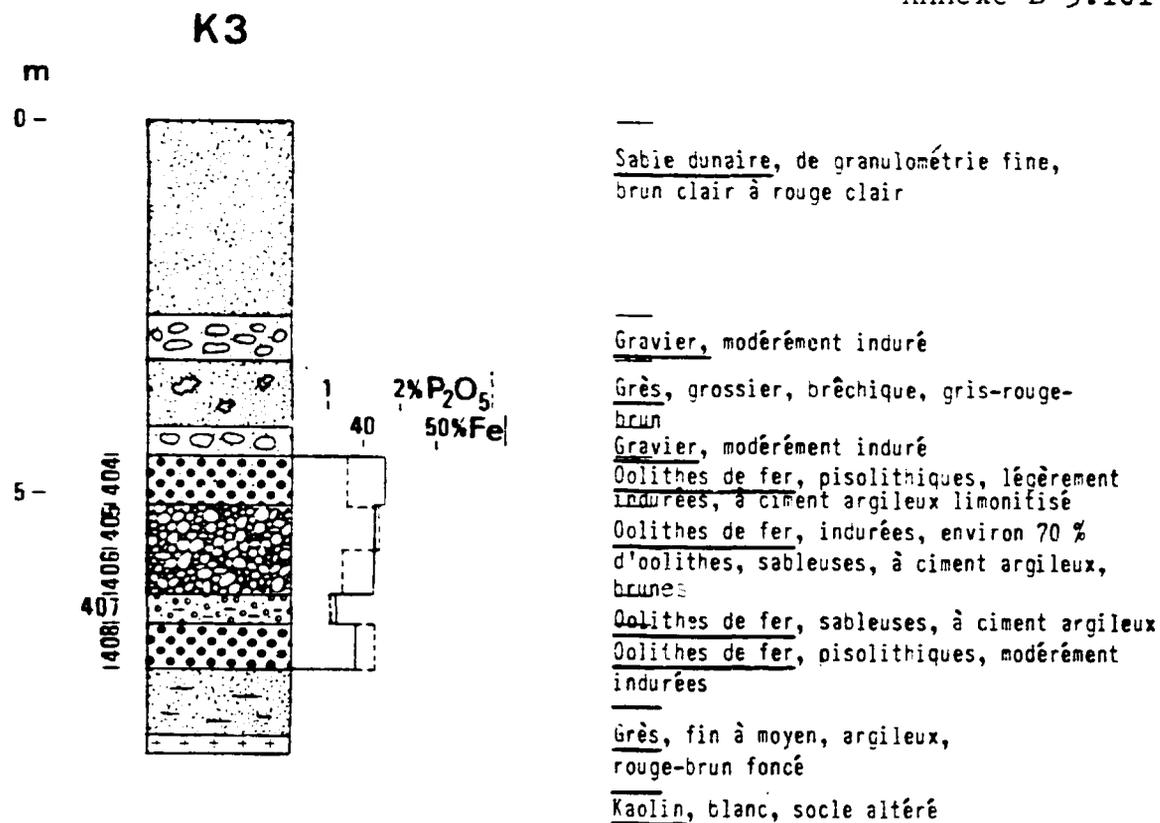
Forage au tricoté sans récupération

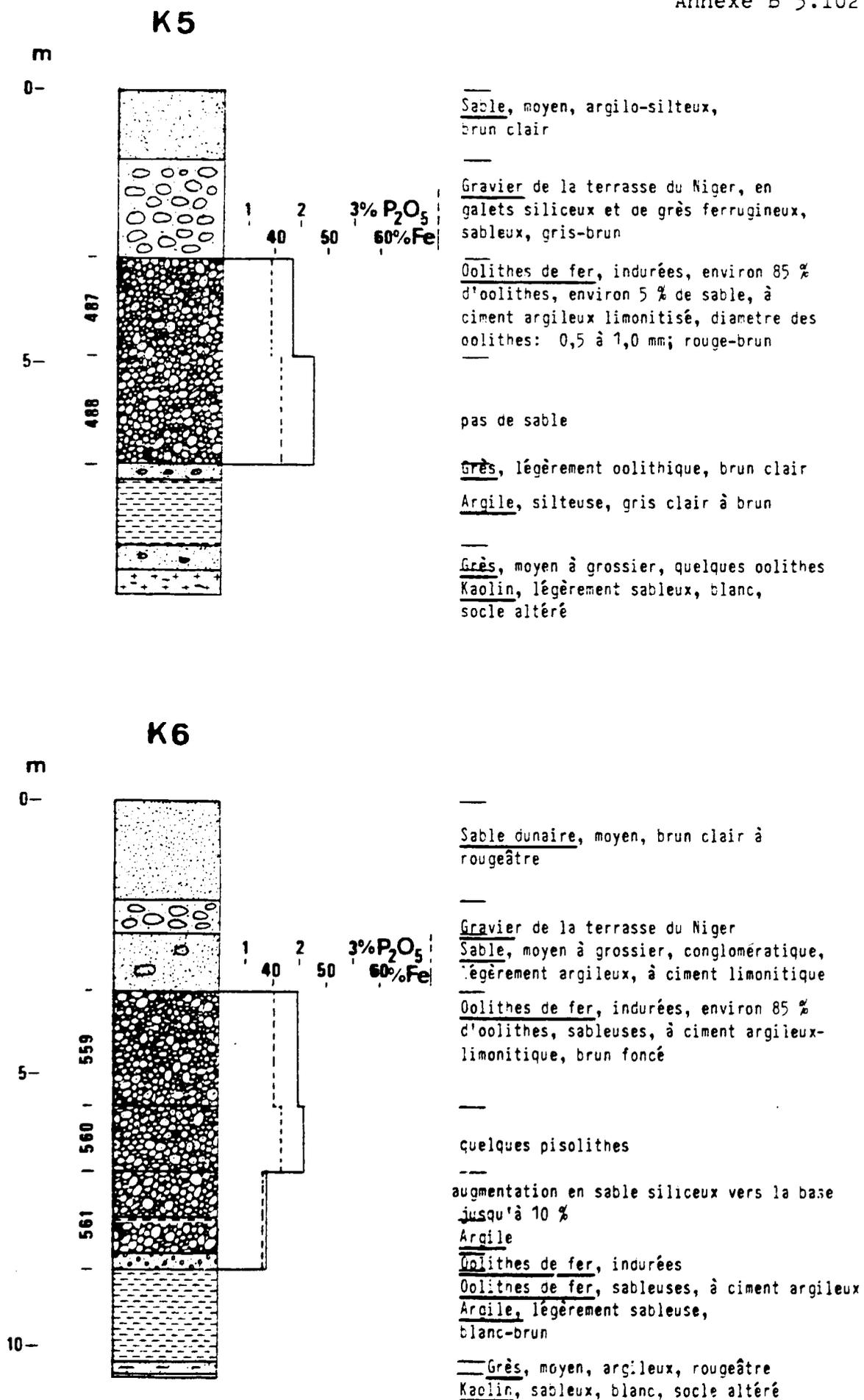
- Argile, sablo-silteuse, gris à brun clair
- Grès, moyen, gris à brun clair
- Grès, moyen, conglomératique
- Oolites de fer, sableuses, pisolithiques, modérément indurées, brunes
- Grès, silteux, environ 10 % à 20 % d'oolites
- Grès, fin, blanc-jaune
- Kaolin, blanc, socle altéré

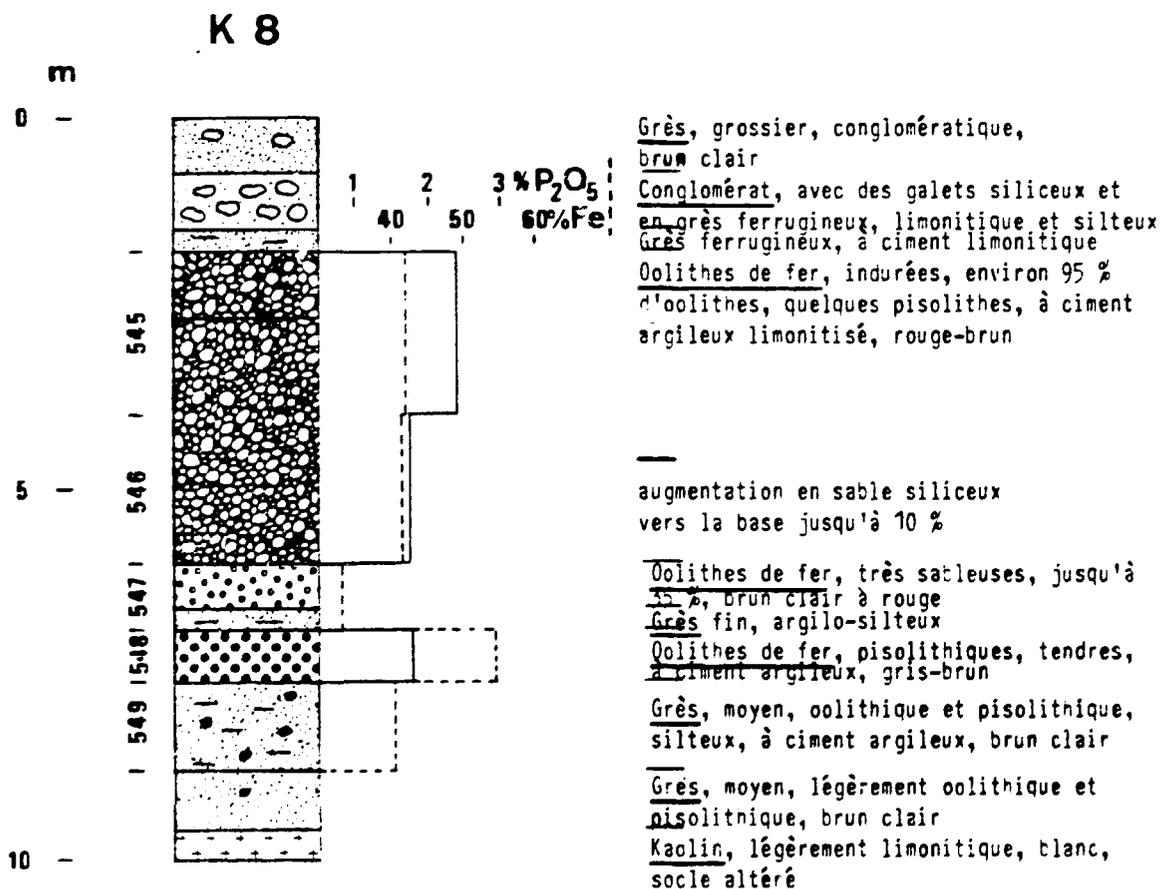
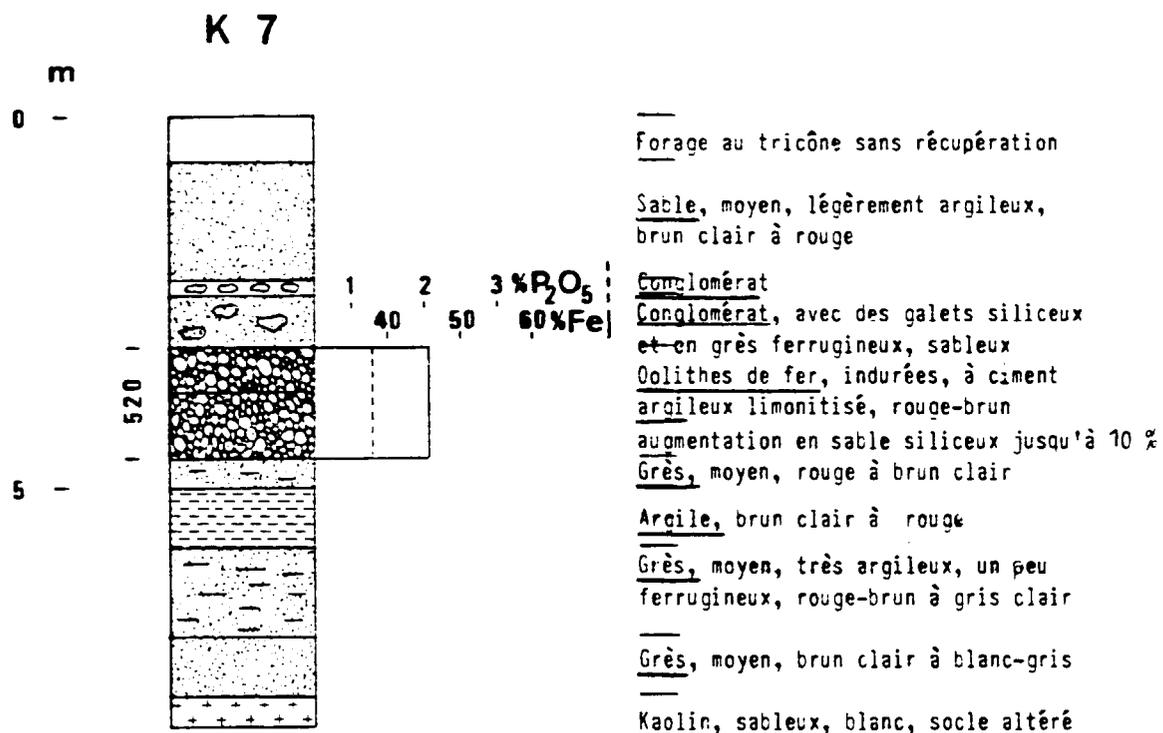


Grès, grossier, gris-rouge-brun

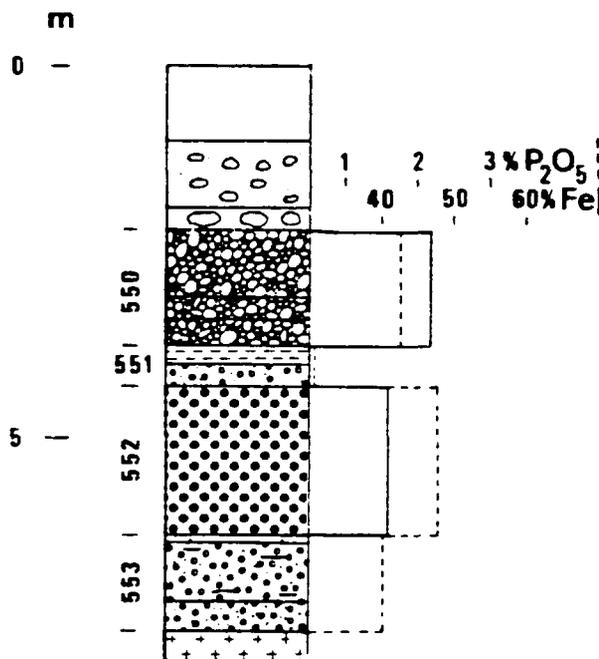
- Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolites, sableuses, à ciment argileux limonitisé, noir-brun
- Oolites de fer, très sableuses, légèrement indurées, à ciment argileux, gris-brun
- Oolites de fer, pisolithiques, légèrement indurées, à ciment argileux, gris-brun
- augmentation rapide en sable siliceux
- Grès, moyen, oolithique et pisolithique, à ciment argileux, gris-rouge
- Grès, moyen, brun clair à blanc







### K 9



Forage au tricône sans récupération

Gravier de la terrasse du Niger, sableux moyen à grossier, brun clair

Gravier de la terrasse  
Oolites de fer, indurées, environ 95 % d'oolites, à ciment argileux limonitisé  
augmentation en sable siliceux vers la base  
Argile, sablo-silteuse, gris-brun clair

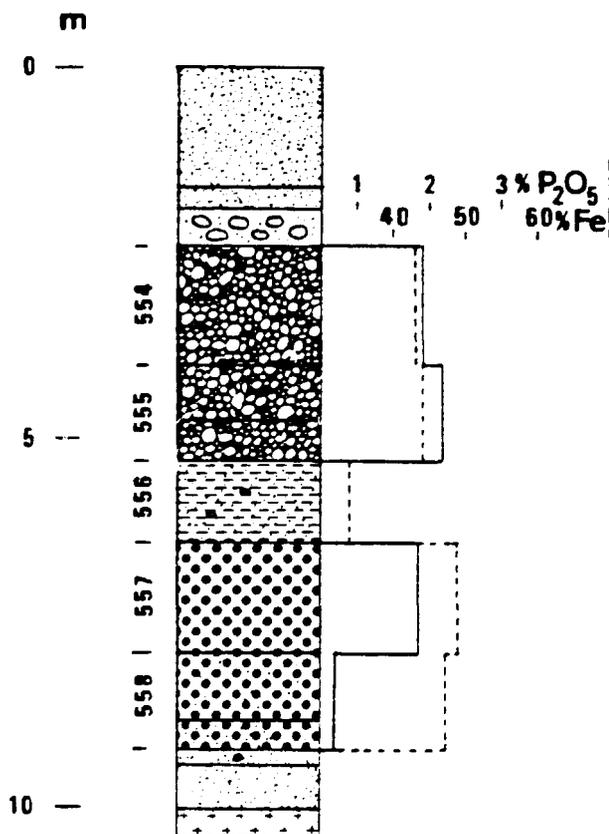
Oolites de fer, sableuses, à ciment argileux  
Oolites de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux

Silt, argileux

Oolites de fer, très sableuses, légèrement indurées, à ciment argileux, gris-brun clair  
augmentation en sable siliceux

Kaolin, sableux, blanc, socle altéré

### K 10



Grès, fin à moyen, argilo-silteux, brun clair

Grès, grossier, brun

Gravier de la terrasse du Niger

Oolites de fer, indurées, 80 % à 90 % d'oolites, quelques pisolithes, à ciment argileux limonitisé, sableuses, rouge-brun

Argile, très sableuse, légèrement oolithique, brune

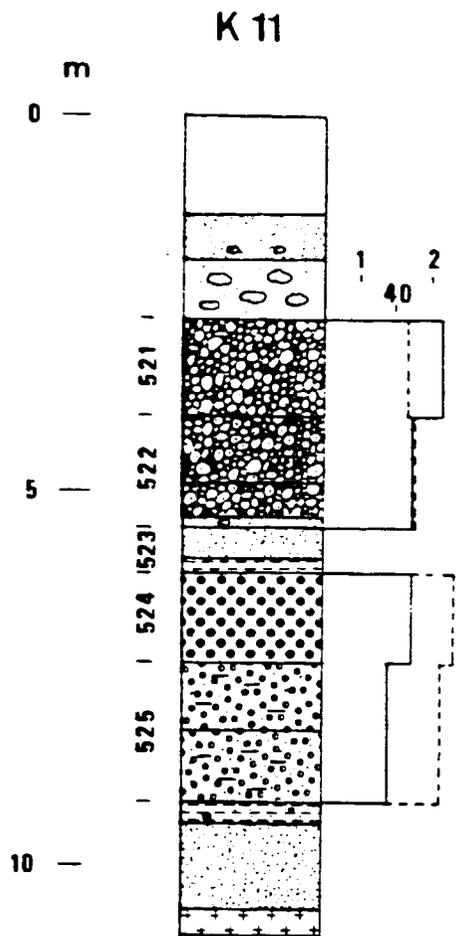
Oolites de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux vers la base jusqu'à 15 %

jusqu'à 25 %  
Grès, fin, oolithique

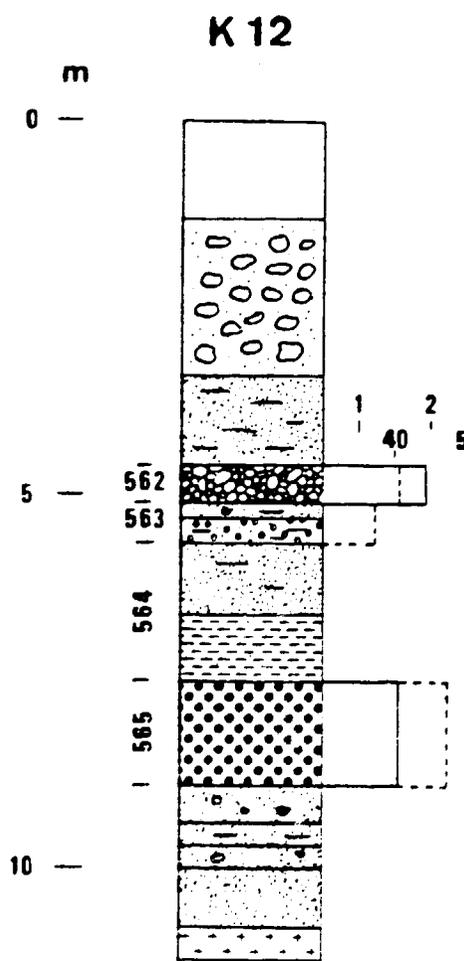
Grès, fin, argileux, brun clair à blanc

Kaolin, légèrement sableux, blanc, socle altéré



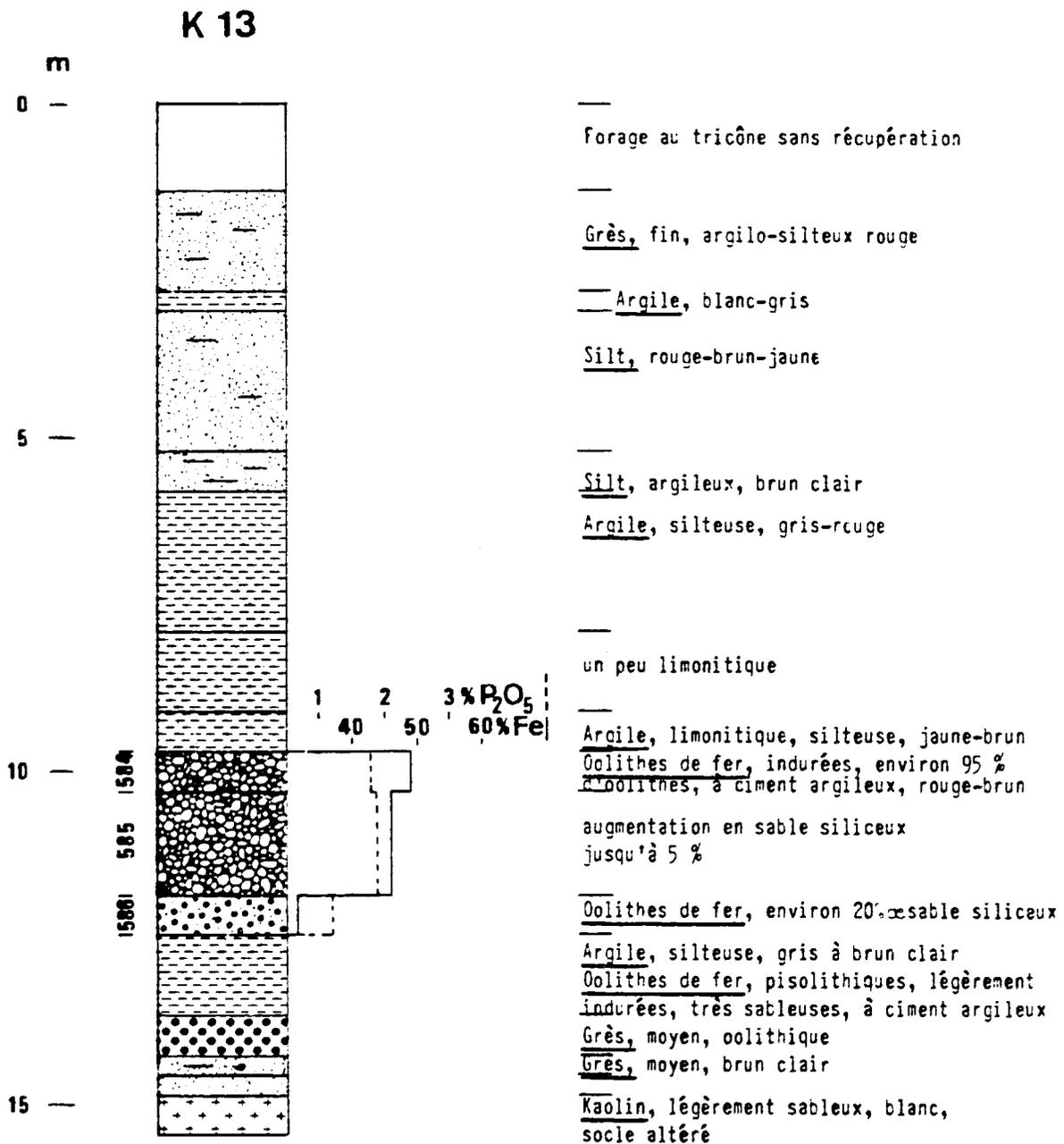
Forage au tricoté sans récupération

- Sable, moyen à grossier, légèrement conglomératique, gris-brun clair
- Gravier de la terrasse du Niger, en galets de grès ferrugineux, rouge-brun
- Colithes de fer, indurées, environ 90 % d'oolithes, sableuses, à ciment argileux limonitisé
- augmentation en sable siliceux vers la base jusqu'à 10 % jusqu'à 20 %
- Grès, moyen, oolithique
- Grès, moyen, brun clair
- Argille, brun clair à gris
- Colithes de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, environ 70 % d'oolithes et pisolithes, à ciment argileux, gris-brun
- Colithes de fer, tendres, environ 10 % de sable siliceux, à ciment argileux
- augmentation en sable siliceux jusqu'à 20 %
- Argile, très sableuse, oolithique, gris-brun
- Grès, modérément indurées, moyen, brun clair
- Kaolin, légèrement sableuse, blanc, socle altéré

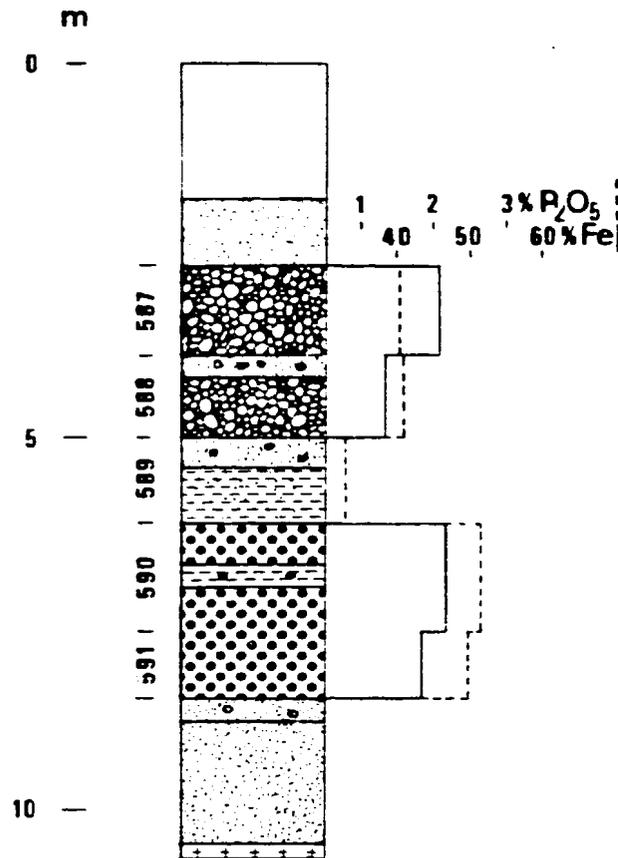


Forage au tricoté sans récupération

- Conglomérat latéritique, avec des fragments de grès ferrugineux et d'oolithes de fer, à ciment limonitique
- Silt, argilo-sableux, rouge à blanc-brun
- Colithes de fer, indurées, sableuses
- Grès, moyen à grossier, oolithique
- Colithes de fer, très sableuses, argileuses
- Grès, moyen, argilo-silteux, brun clair
- Argile, sableuse, blanc-brun
- Colithes de fer, pisolithiques, légèrement indurées, environ 70 % d'oolithes et pisolithes, à ciment argileux, gris-brun
- Grès, fin à moyen, oolithique
- Grès, moyen, argileux, rouge
- Grès, légèrement oolithique et pisolitique
- Grès, moyen, silteux, rouge-jaune
- Kaolin, sableux, blanc, socle altéré



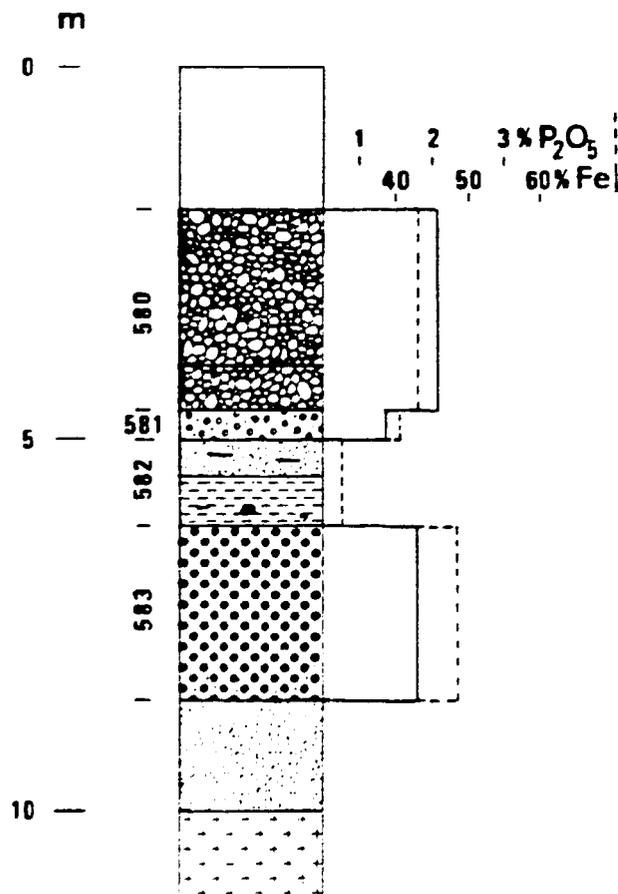
## K 14



Forage au tricône sans récupération

Sable, fin à moyensilteux, brun clairOolithes de fer, indurées, 70 à 80% d'oolithes, environ 5 à 10% de sable, à ciment argileuxlimonitisé, rouge-brunGrès, env. 30% d'oolithes, brun clairOolithes de fer, env. 70% d'oolithes, env. 10% de sable, à ciment argileuxGrès, oolithique, rouge-brunArgile, sablo-silteuse, brun clairOolithes de fer, pisolithiques, tendresArgile, limonitique, sableuseOolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux limonitisé, sableuses, gris-brunGrès, moyen, oolithique, brun clairGrès, moyen, brun-rouge clair à blancKaolin, sableux, blanc, socle altéré

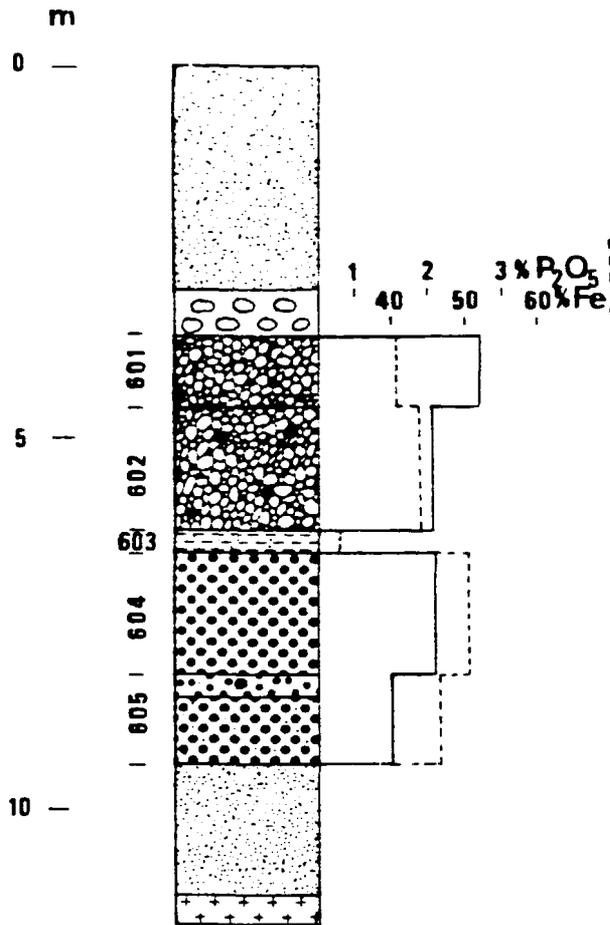
## K 15



Forage au tricône sans récupération

Oolithes de fer, indurées, environ 80% d'oolithes, sableuses, à ciment argileux limonitisé, rouge-brunquelques pisolithesOolithes de fer, env. 20 à 30% de sableGrès, moyen, argileux, brun clairArgile, quelques oolithes, sableuseOolithes de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, à ciment argileux, gris-brunGrès, fin à moyen, brun clairKaolin, sableux, blanc  
socle altéré

K 16



Sable, fin à moyen, argilo-silteux, rouge clair

Gravier de la terrasse du Niger, sableux  
Oolithes de fer, indurées, environ 95% d'oolithes à ciment limonitique

Oolithes de fer, indurées, pisolithiques, sableuses, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

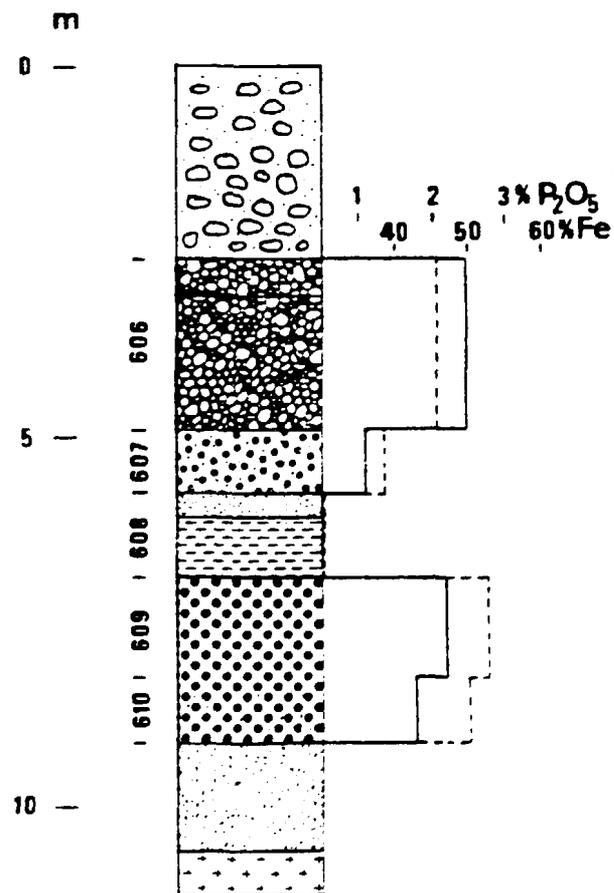
Argile, sableuse, brun clair à jaune  
Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, à ciment argileux, gris-brun

augmentation en sable siliceux jusqu'à 15%

Grès, fin à moyen, silteux, brun clair

Kaolin, sableux, blanc, socle altéré

K 17



Gravier de la terrasse du Niger, sableux, gris-brun

Oolithes de fer, modérément indurées

augmentation faible en sable siliceux vers la base

Oolithes de fer, modérément indurées, environ 65% d'oolithes, environ 10% de sable

Grès, moyen à grossier, brun clair

Argile, brun clair à blanc et rouge

Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, à ciment argileux, gris-brun

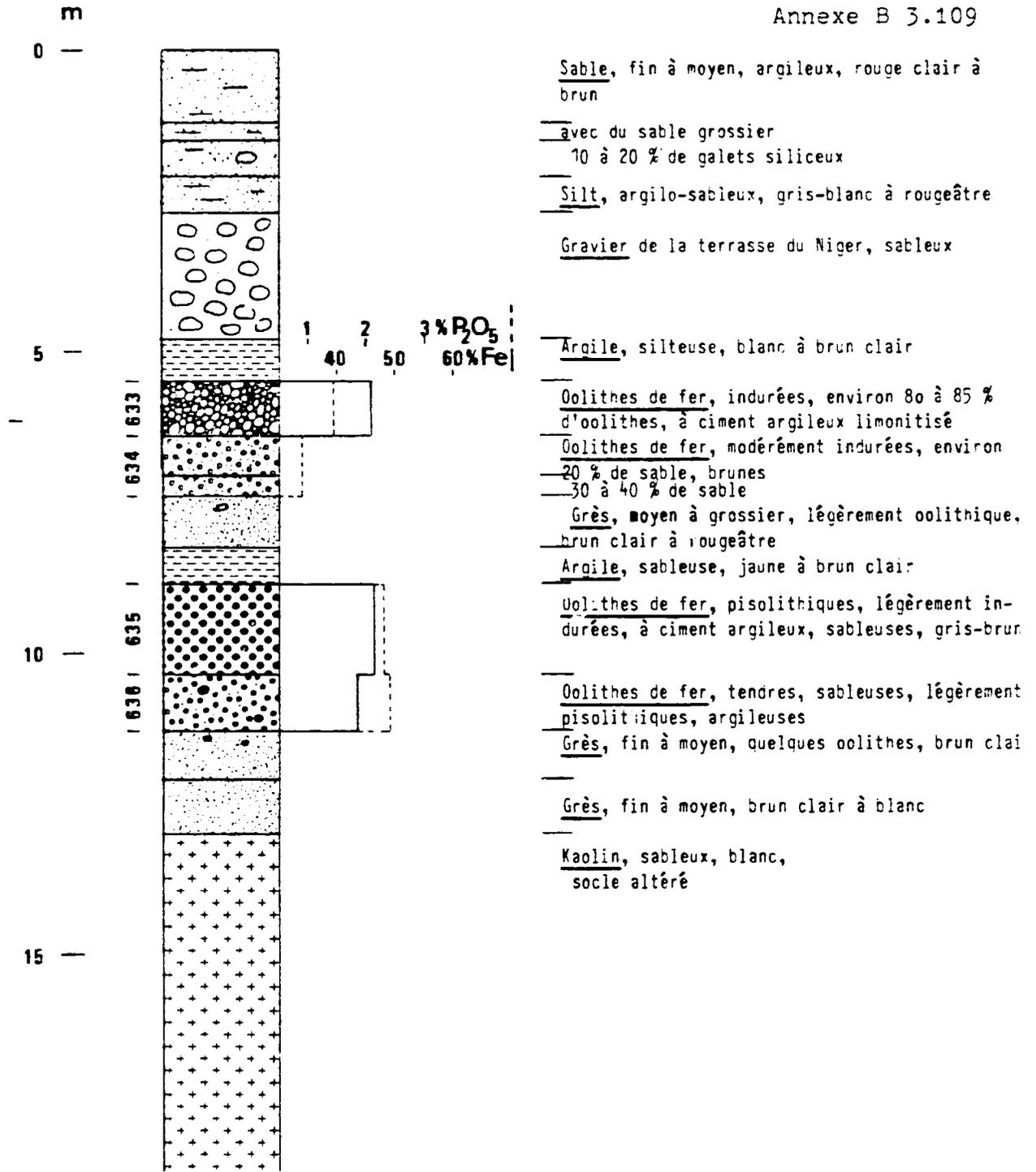
augmentation en sable siliceux jusqu'à 10%

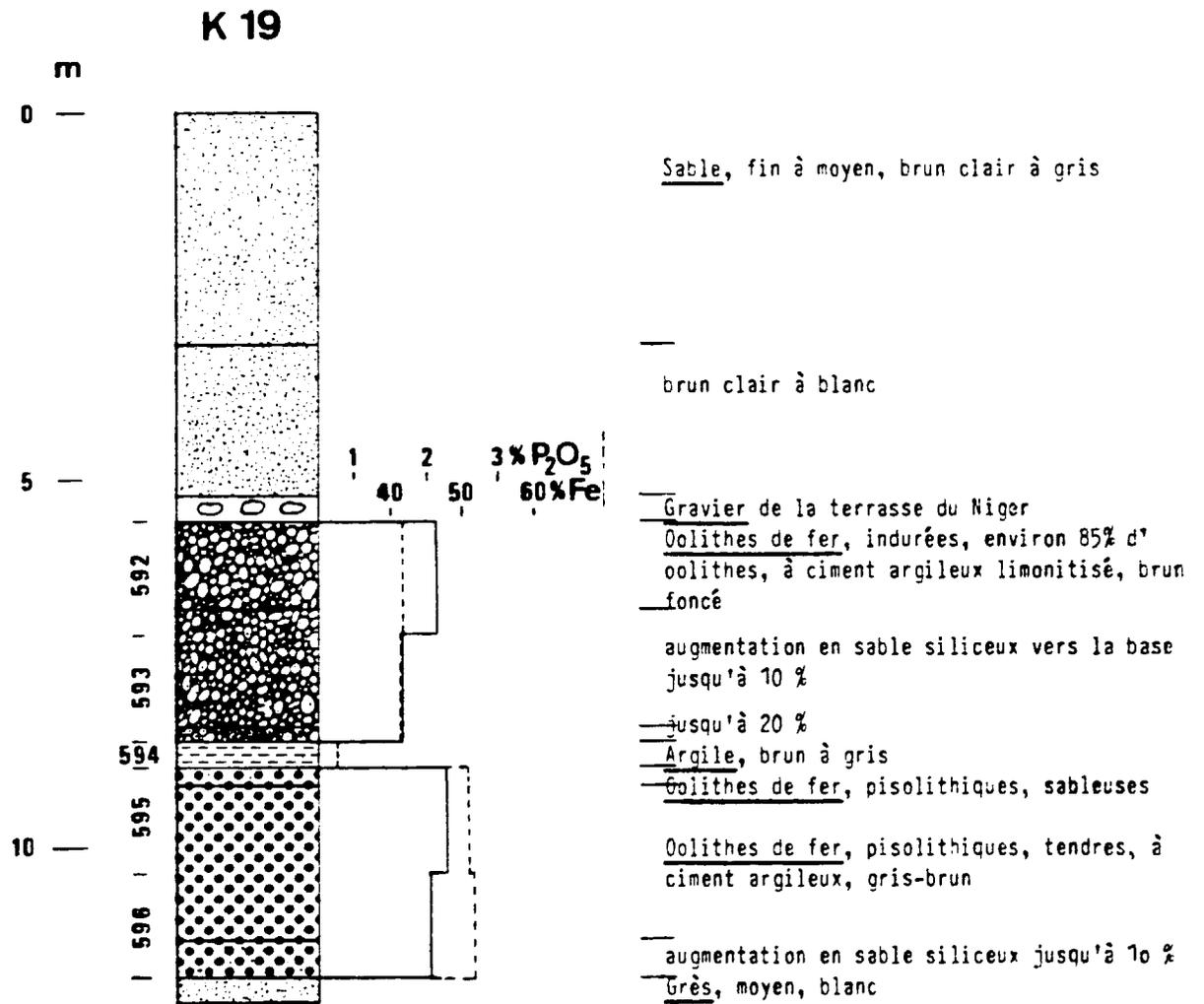
Grès, fin à moyen, gris-brun clair

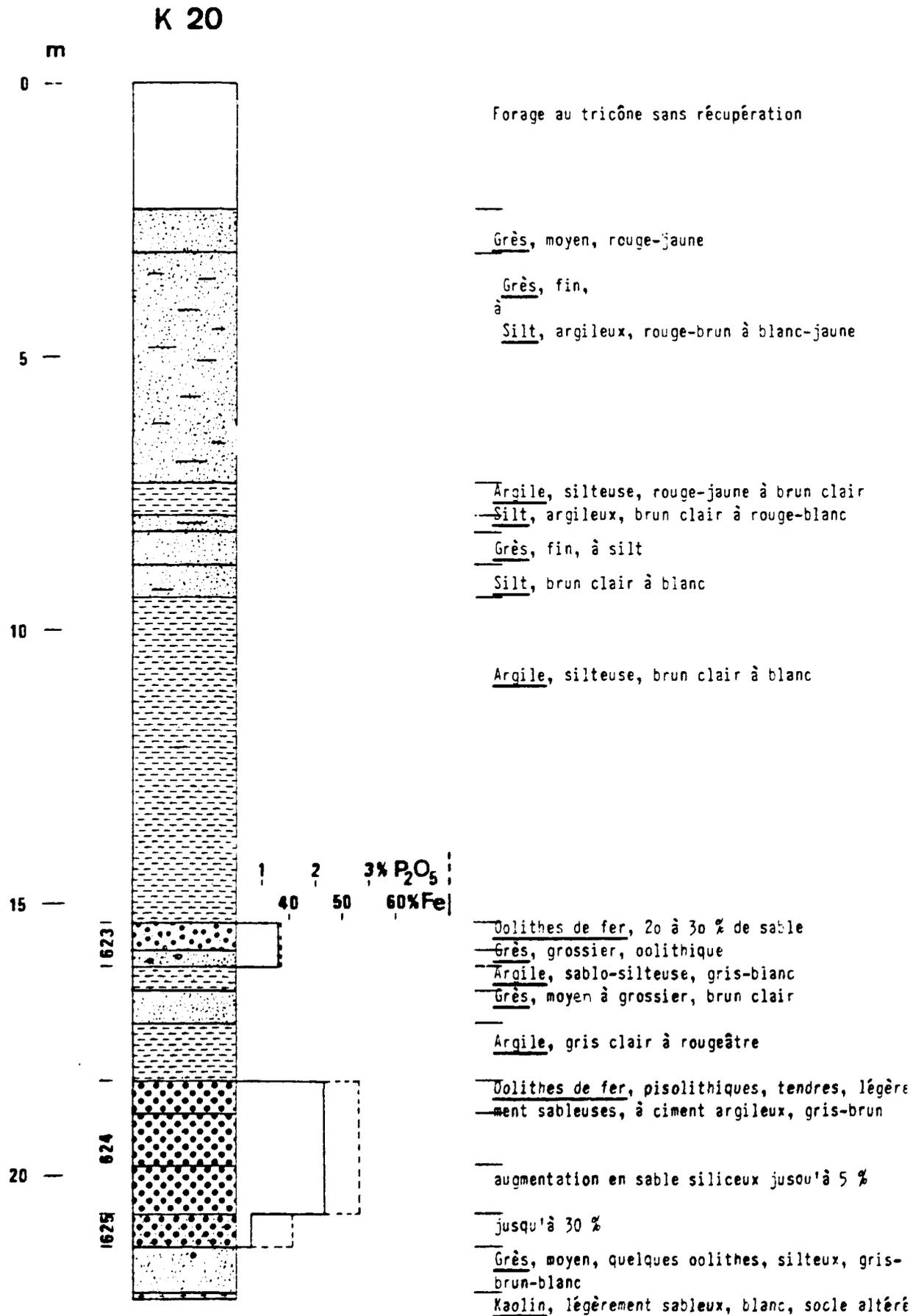
Kaolin, sableux, blanc, socle altéré

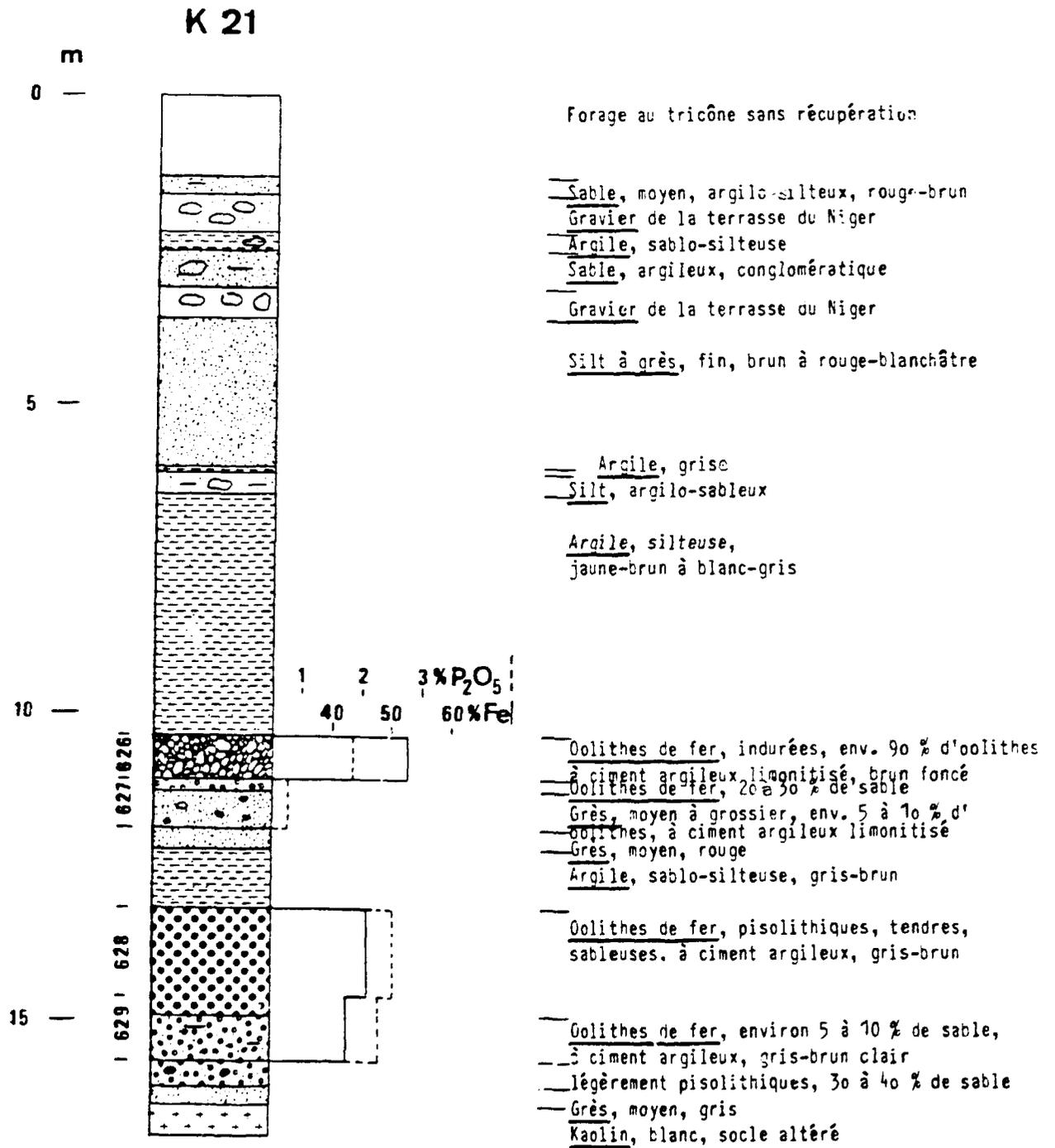
# K 18

Annexe B 3.109

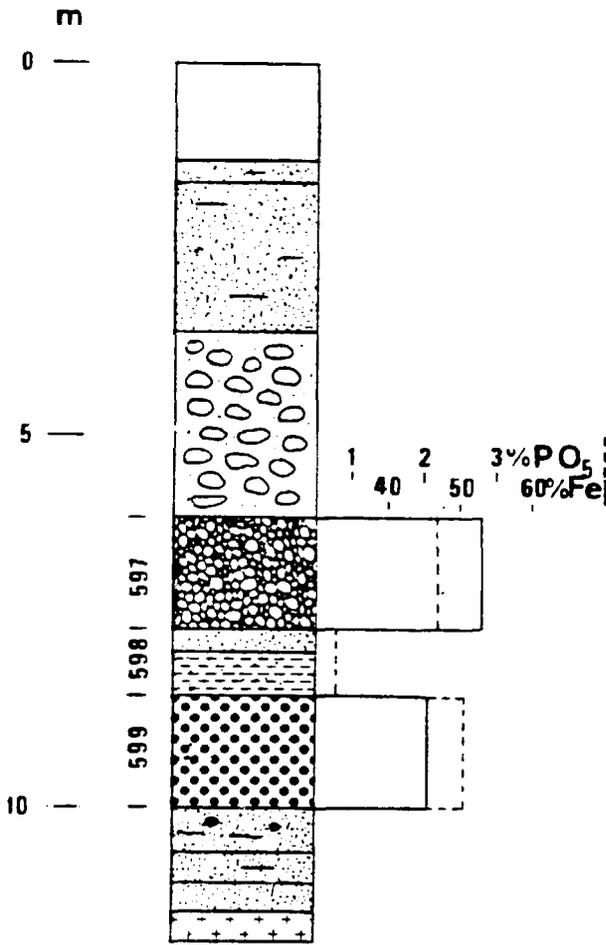








## K 22



Annexe B 3.113

Forage au tricone sans récupération

Grès, fin à moyen, brun clair  
 Grès, fin à moyen, argilo-silteux, brun clair à blanc

Gravier de la terrasse du Niger, avec des galet siliceux et en grès ferrugineux, sableux

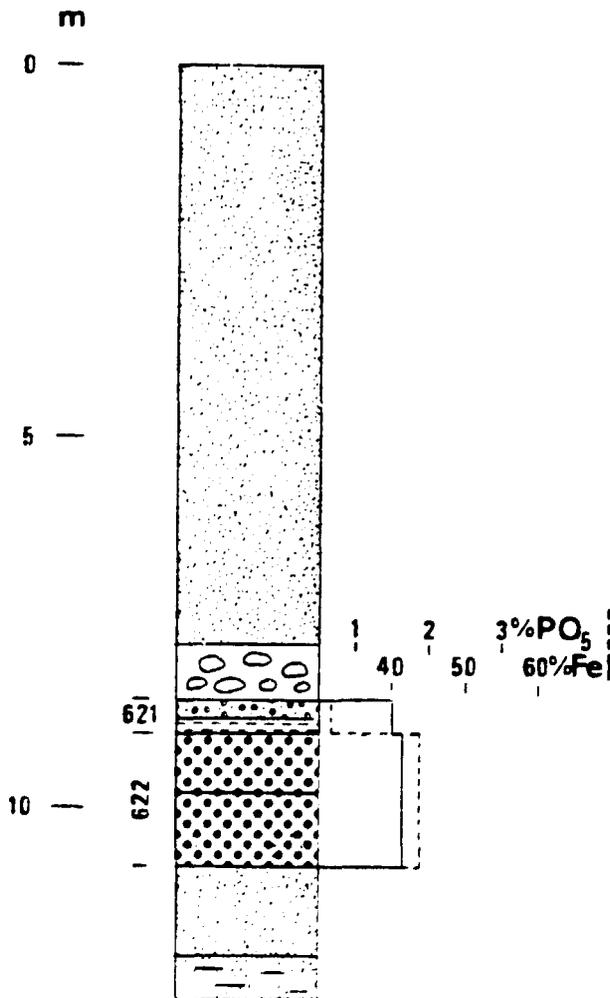
Oolithes de fer, indurées, environ 95% d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé

Grès, moyen à grossier  
 Argile, sablo-silteuse, brun clair

Oolithes de fer, pisolithiques, modérément indurées, sableuses, à ciment argileux, gris-brun

Grès, grossier, argileux, légèrement oolithique et pisolithique, gris-brun  
 Grès, moyen, argileux  
 Grès, moyen à grossier, brun clair  
 Kaolin, sableux, blanc, socle altéré

## K 23



Sable, moyen, légèrement argileux, rouge-jaune-brun

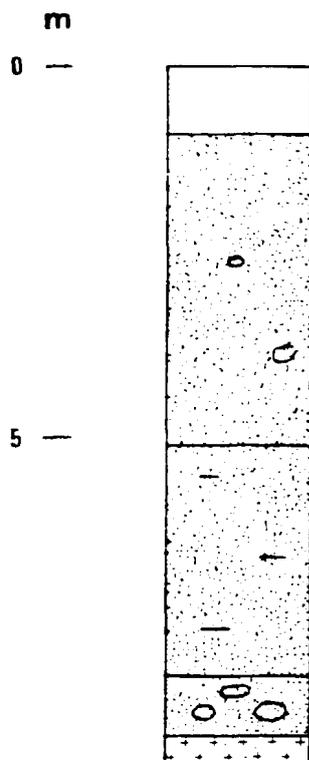
Gravier de la terrasse du Niger

Oolithes de fer, sableuses  
 Argile, sableuse, rouge  
 Oolithes de fer, pisolithiques, tendres, sableuses, à ciment argileux, gris-brun  
 3 à 5 % de sable siliceux

Grès, fin à moyen, brun clair à gris

Grès, fin à moyen, à ciment argileux kaolinitisé

### K 24



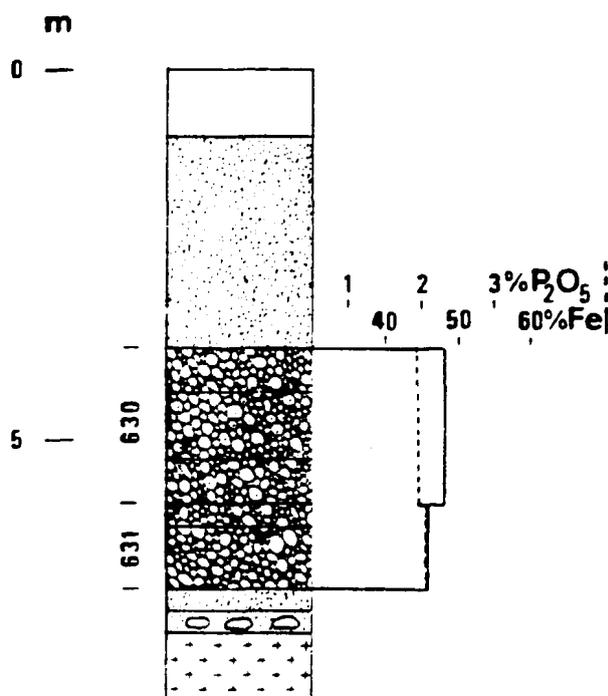
Forage au tricône sans récupération

Sable, moyen, quelques galets siliceux et en grès ferrugineux, rouge-jaune à rouge-gris

Sable, moyen, argilo-silteux, rouge-jaune à rouge-blanc

Grès, moyen à grossier, avec des galets siliceux et en grès ferrugineux  
Kaolin, très sableux, un peu limonitisé, socle altéré

### K 25



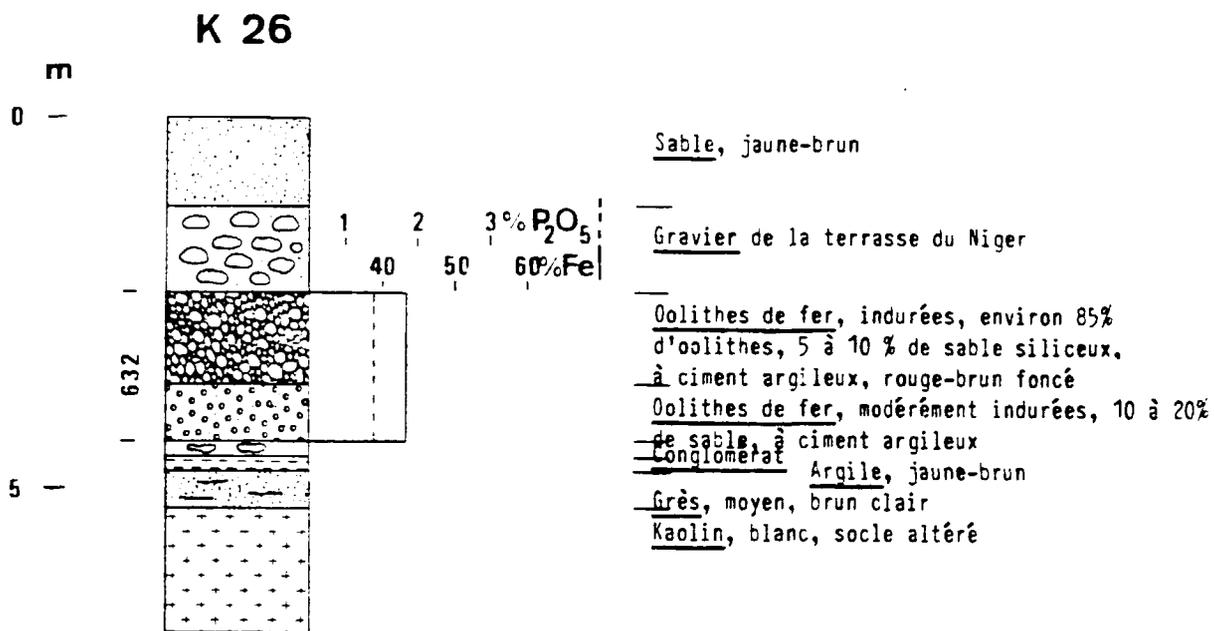
Forage au tricône sans récupération

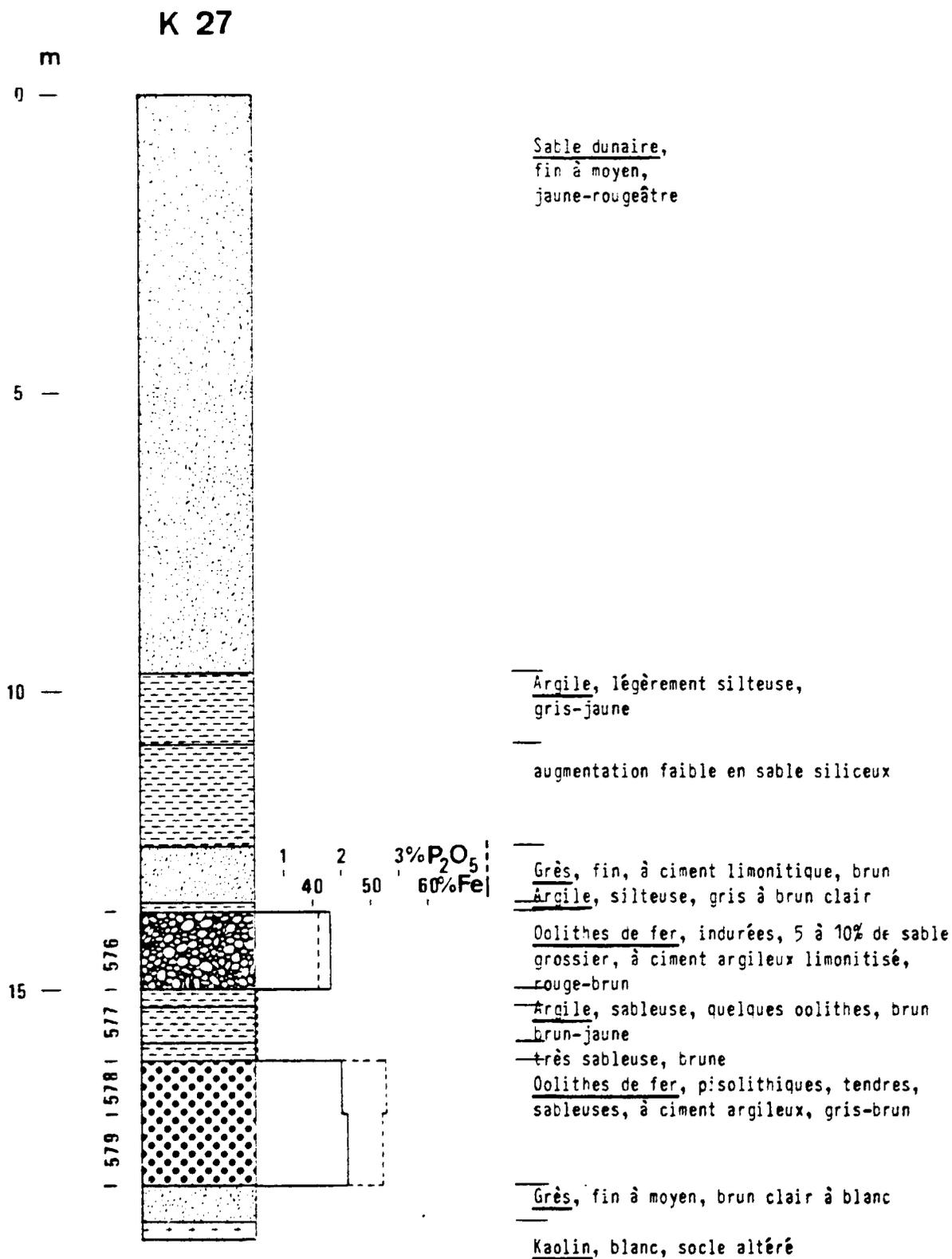
Sable, moyen, rouge

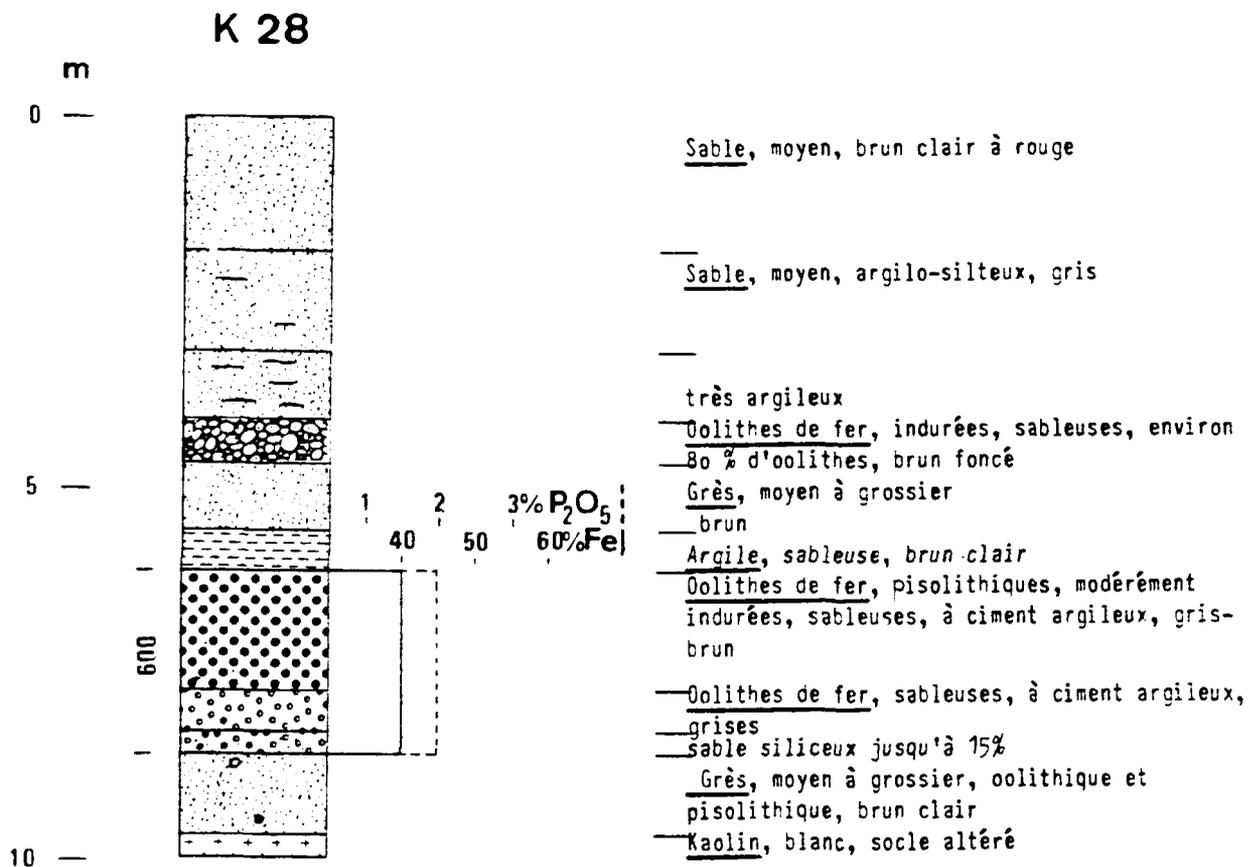
Oolithes de fer, indurées, 3 à 5 % de sable siliceux, à ciment argileux limonitisé  
10 à 20 % de sable siliceux

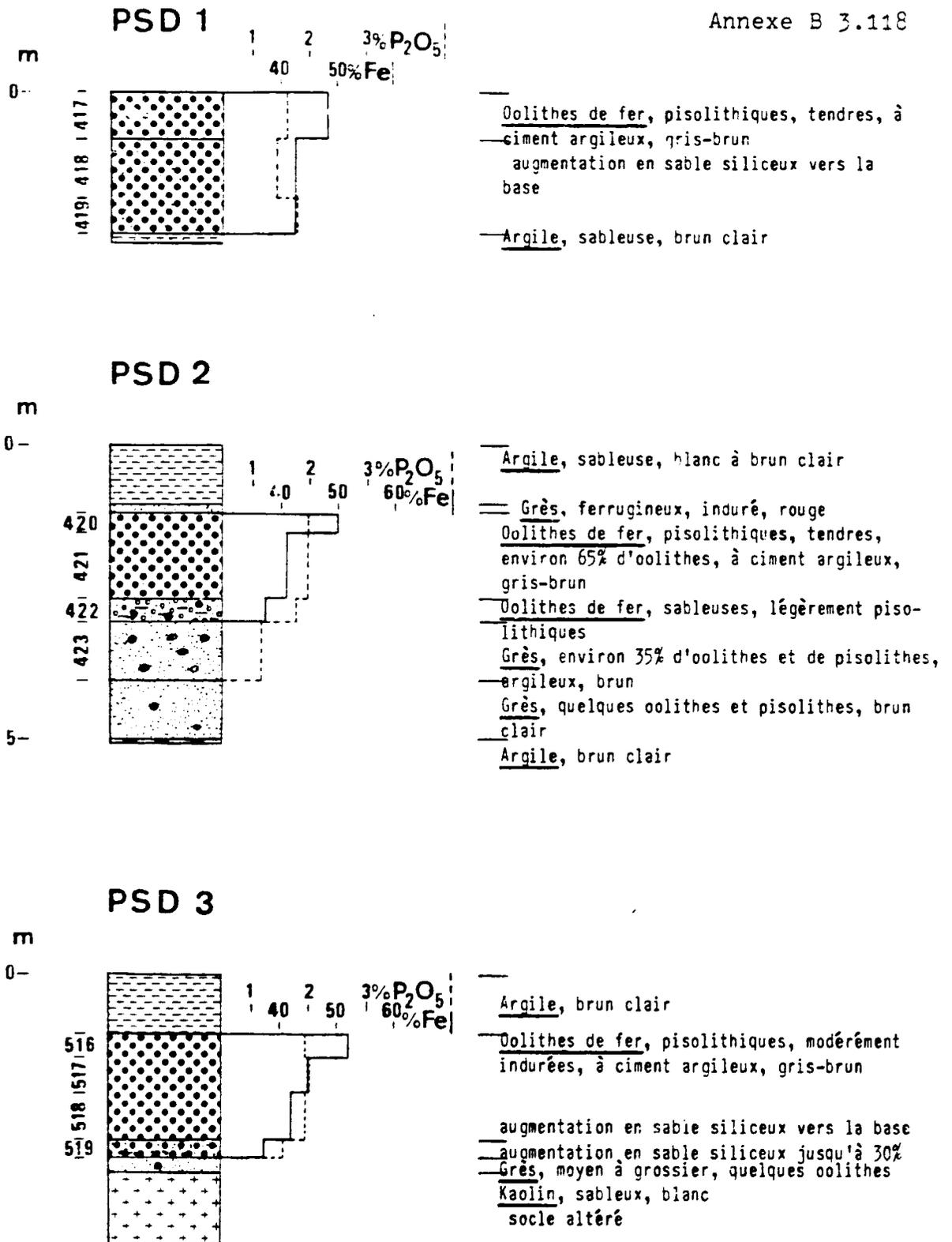
3 à 5 % de sable siliceux  
environ 10 % de sable siliceux  
environ 20 % de sable siliceux

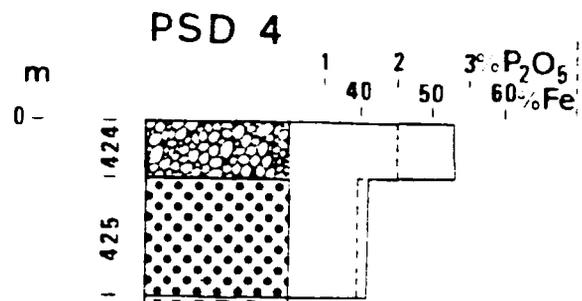
Grès, moyen, brun  
Conglomérat, à galets de grès ferrugineux  
Kaolin, légèrement sableux, socle altéré



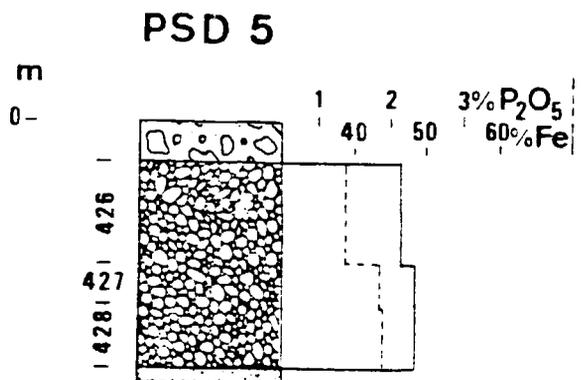




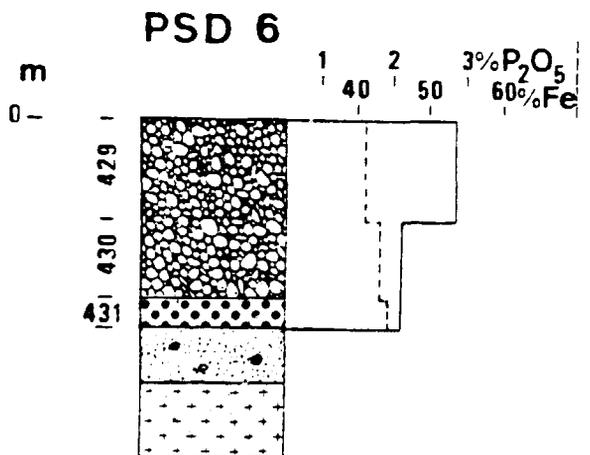




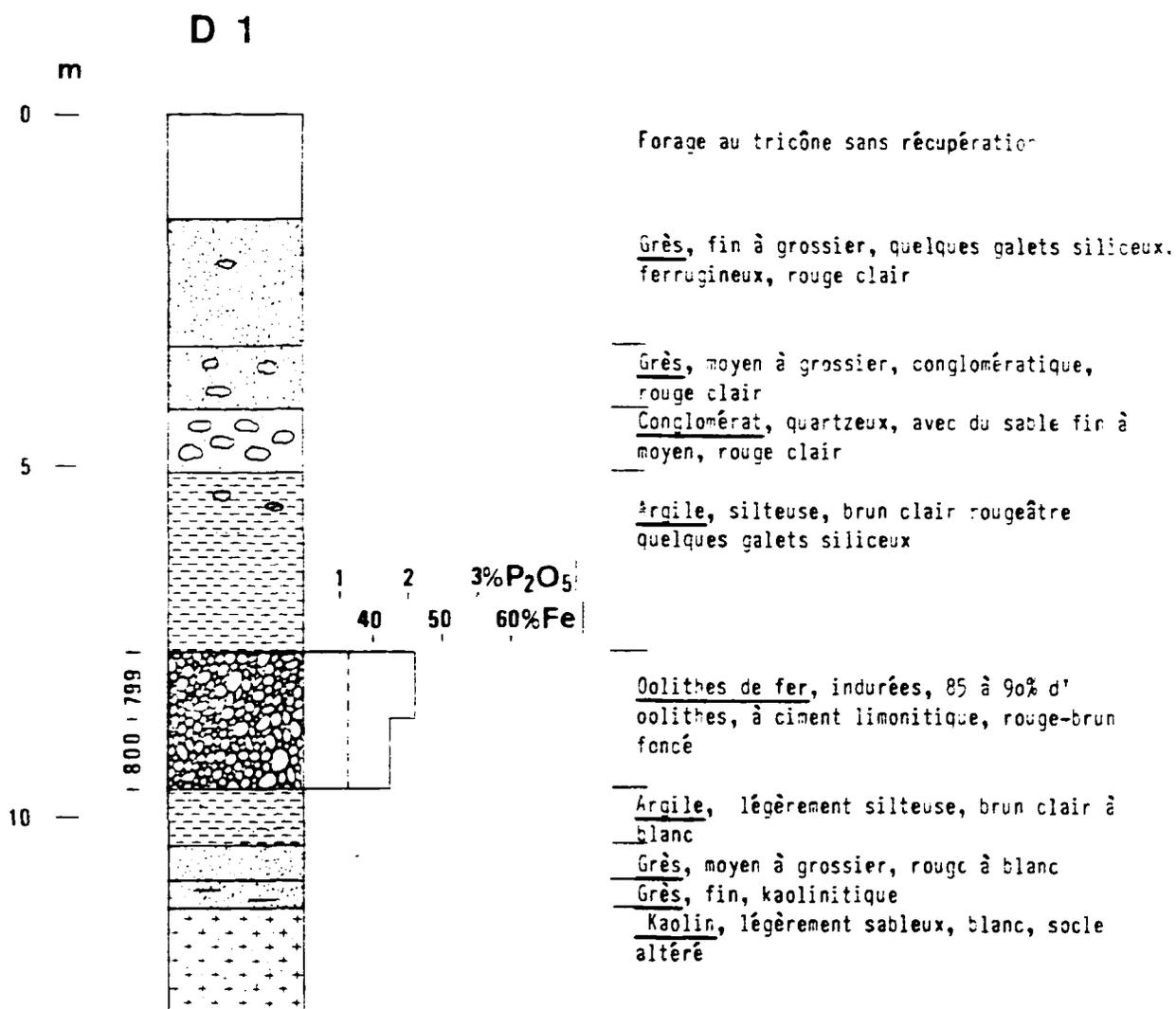
- Oolithes de fer, indurées, environ 95% d'oolithes, à ciment argileux limonitisé
- Oolithes de fer, pisolithiques, légèrement indurées, env. 75% d'oolithes et de pisolithes, à ciment argileux, gris-brun
- Argile, légèrement argileuse, brun clair

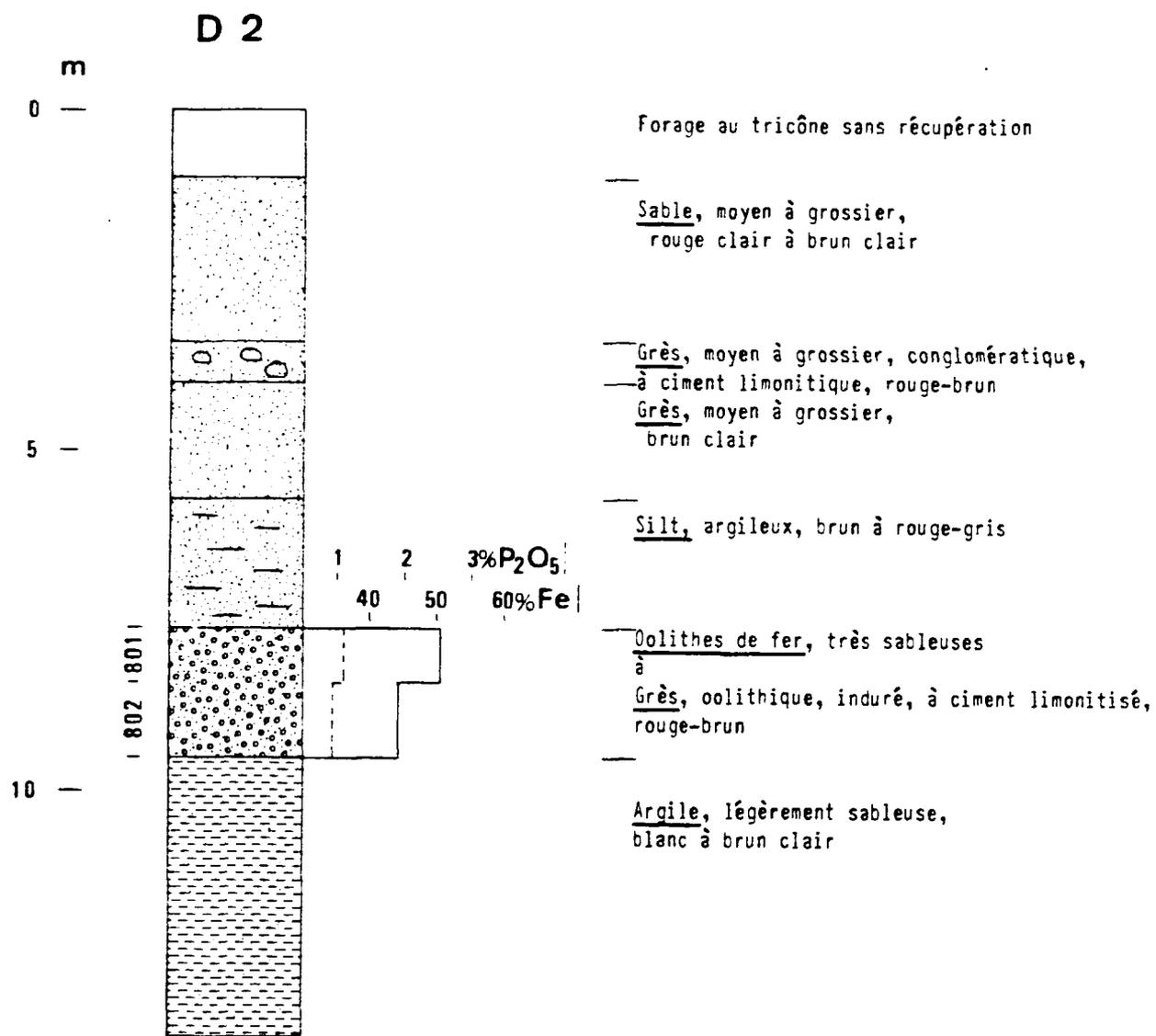


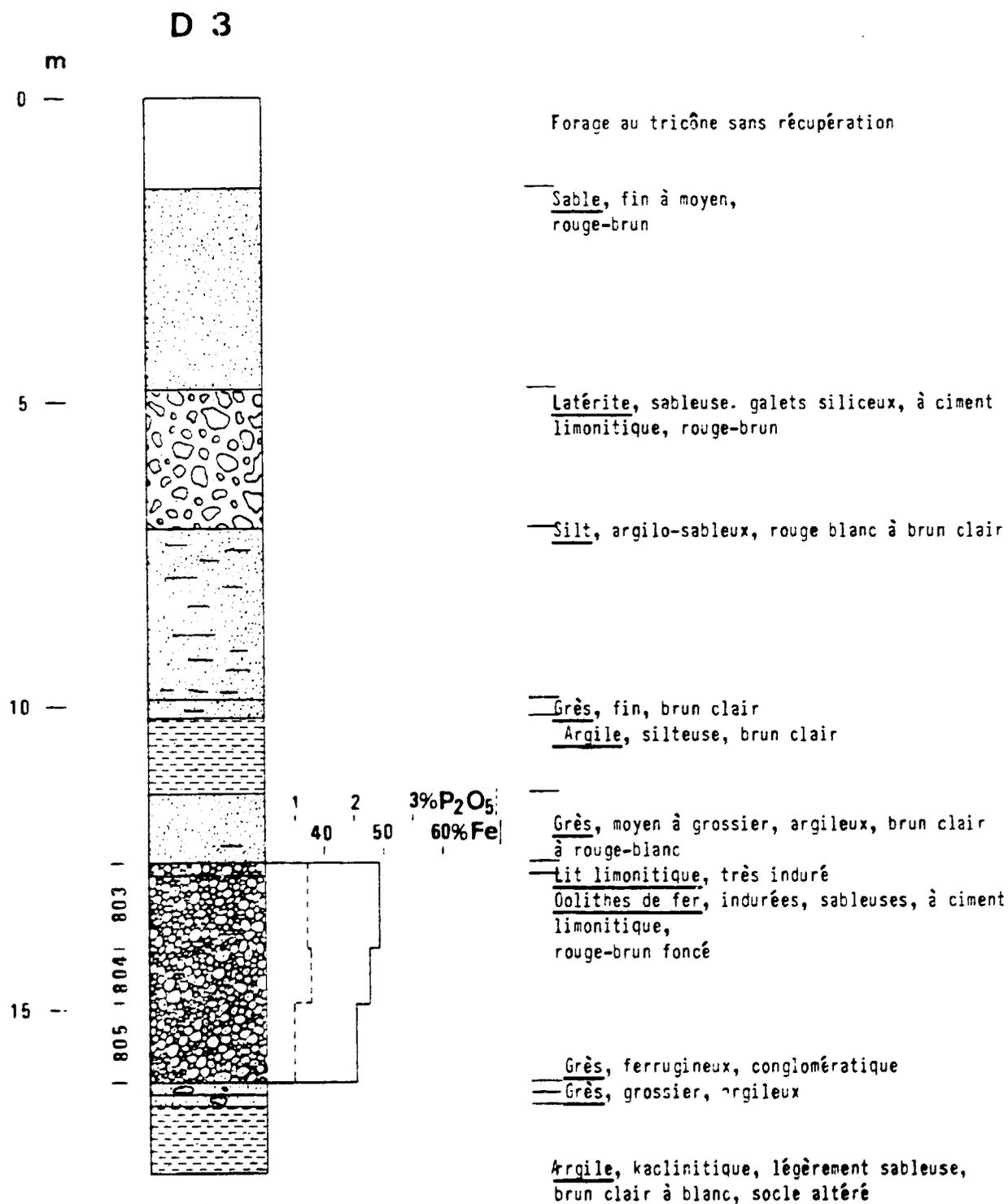
- Latérite, galets siliceux et en grès ferrugineux
- Oolithes de fer, indurées, légèrement sableuses, environ 85% d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, rouge-brun foncé
- 90 à 95% d'oolithes
- Grès, argileux, rouge-brun

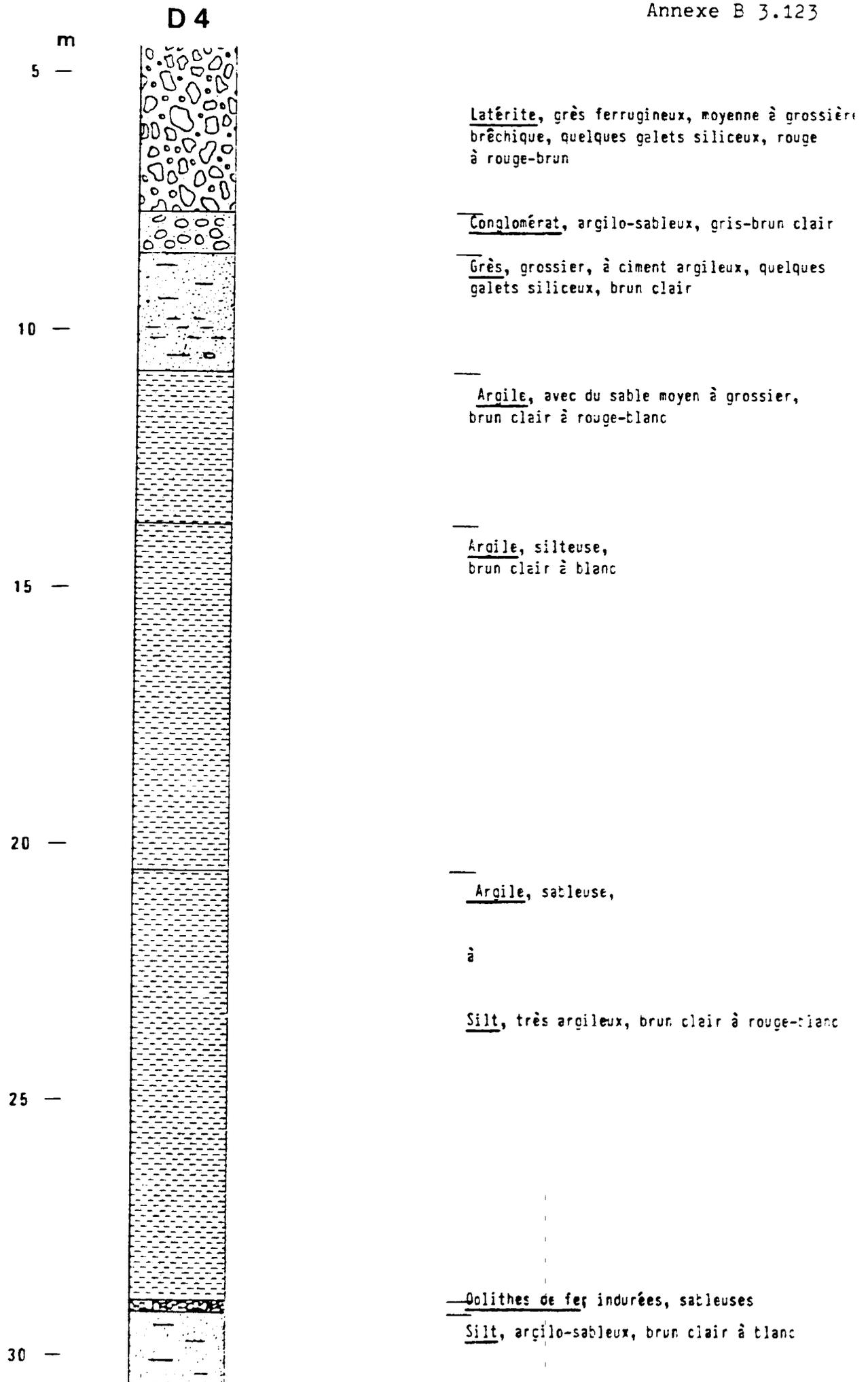


- Oolithes de fer, indurées, environ 95% d'oolithes, à ciment argileux limonitisé, gris-brun
- augmentation en sable siliceux vers la base
- Oolithes de fer, pisolithiques, argileuses
- Grès, moyen, oolithique et pisolithique, gris-brun
- Kaolin, légèrement silteux, blanc, socle altéré

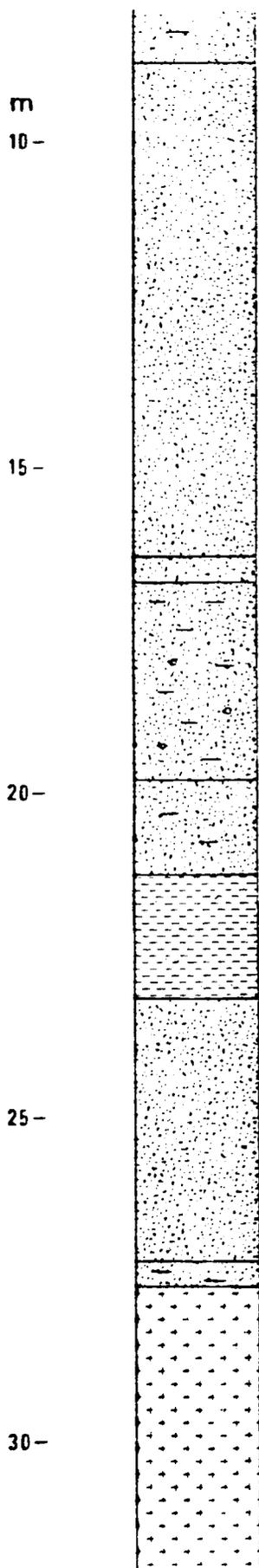








D 5



Grès, fin à moyen, légèrement argileux,  
blanc à brun clair  
Grès, fin à moyen, rouge

Grès, fin, silteux, rougeâtre  
Grès, moyen à grossier, argileux, quelques  
oolithes, rouge

Grès, fin à moyen, argileux, jaune à brun clair

Argile, sacieuse, brun clair  
blanchâtre

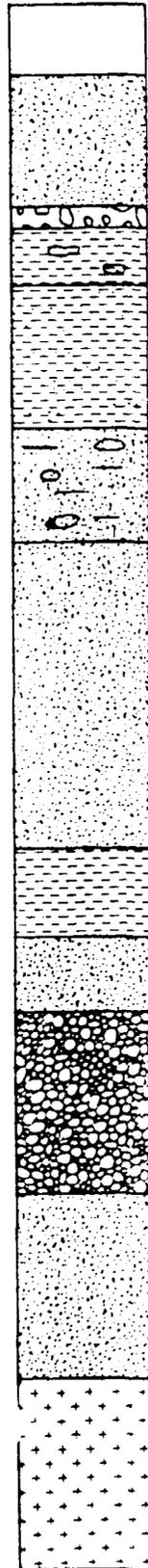
Grès, fin  
brun clair à rouge

Grès, grossier, argileux  
Schiste, vert à gris

## D 6

m

0-



5-

10-

15-

20-

Forage au tricône sans récupération

Grès, moyen à grossier, quelques oolithes, rougeLatérite, galets siliceux, sableuse, rougeArgile, quelques galets siliceux, rouge-jauneArgile, très sableuse, rouge à brun clairGrès, argileux, avec des galets siliceux, à ciment limonitique, rouge foncé et jaune-brunGrès, grossier, légèrement argileux, rouge-jauneArgile, légèrement sableuse, brun clairGrès, moyen à grossier, brun clairOolithes de fer, indurées, environ 85% d'oolithes, légèrement sableuses, à ciment limonitique, rouge-brun foncéGrès, grossier, rouge à blancGranite

SOME FIGURES  
OF THIS DOCUMENT  
ARE TOO LARGE  
FOR MICROFICHING  
AND WILL NOT  
BE PHOTOGRAPHED.

