

HZ 17369 B3205212

Resumé

11° REUNION DES SCIENCES DE LA TERRE

CLERMONT-FERRAND

25 - 27 MARS 1986

SYMPOSIUM LATERITES

CARACTERES ET ORIGINES DES ELEMENTS FERRUGINEUX FIGURES

DANS LES SOLS ROUGES FERRALLITIQUES

ET LES SOLS JAUNES FERRUGINEUX TROPICAUX

ASSOCIES EN SEQUENCES AU NORD-TOGO

P. FAURE

ORSTOM UR 104

70-74 ROUTE D'AULNAY 93140 BONDY

DÉBOLOGIE

Fonds Documentaire IRD



010025308

Fonds Documentaire IRD

Cote : Bx 25308 Ex: 1

CARACTERES ET ORIGINES DES ELEMENTS FERRUGINEUX FIGURES
DANS LES SOLS ROUGES FERRALLITIQUES
ET LES SOLS JAUNES FERRUGINEUX TROPICAUX
ASSOCIES EN SEQUENCES AU NORD-TOGO

P. FAURE, Pédologue, ORSTOM, 70 route d'AULNAY 93140 BONDY

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

Une des caractéristiques principales des sols de la ceinture soudano-guinéenne de l'Afrique de l'Ouest est la présence, en positions variables dans les profils, d'abondants éléments ferrugineux figurés : les glébules.

De nombreux auteurs, en particulier, ESCHENBRENNER, FAURE, KALOGA, LEVEQUE, ont apporté leur contribution à l'étude descriptive et de l'origine de ces éléments ferrugineux, anciennement regroupés sous le terme général de "concrétions", dans plusieurs pays de cette région d'Afrique : Côte d'Ivoire, Burkina-Faso, Bénin, Togo...

J'ai, pour ma part, réalisé plusieurs études, à base cartographique et toposéquentielle, au Bénin et au Togo. Cet exposé rapporte les résultats recueillis sur un site du nord-Togo, à KUKUDE, sous un climat à saisons contrastées, avec une pluviosité moyenne annuelle de 1400 mm, et une végétation de savane arbustive claire très anthropisée (Fig 1).

1- LA SEQUENCE KKJ

Cette séquence (Fig 2) est située sur un gneiss fin homométrique, lité, à pendage important, mésocrate à muscovite et biotite, du socle granitogneissique précambien. Elle regroupe, sur un versant de 900 m de longueur et de 35 m de dénivellée, un témoin tabulaire des plateaux cuirassés à sols ferrallitiques indurés anciens, résiduels d'une ancienne surface finitertiaire, particulièrement fréquents à cette latitude de 10° N, des sols ferrallitiques rouges rajeunis, des sols ferrugineux tropicaux jaunes développés sur isoaltérite bariolée ferrallitique en amont, et des sols ferrugineux jaunes développés sur un matériau massif argileux, illitique, en aval. Trois profils caractéristiques (KKJ 1, KKJ 4, KKJ 12) seront plus particulièrement détaillés ici.

Tous les sols de cette séquence sont riches en glébules (50 à 70% en poids de certains des horizons). Ces éléments ferrugineux sont situés dans le premier mètre supérieur des sols rouges ferrallitiques amont, tandis qu'ils constituent une "stone-line" à moyenne profondeur (30 cm à 1 m) au sein des sols jaunes ferrugineux tropicaux.

2- MORPHOLOGIE DES ELEMENTS FIGURES FERRUGINEUX

Dès les premières études l'attention a été attirée par des différences morphologiques très marquées et bien contrastées entre les éléments constitutifs de la phase glébulaire des sols associés sur les versants de cette région.

Sur ces critères morphologiques, la totalité des éléments ferrugineux rencontrés a pu être différenciée en quatre grands ensembles auxquels a été donnée une appellation spécifique :

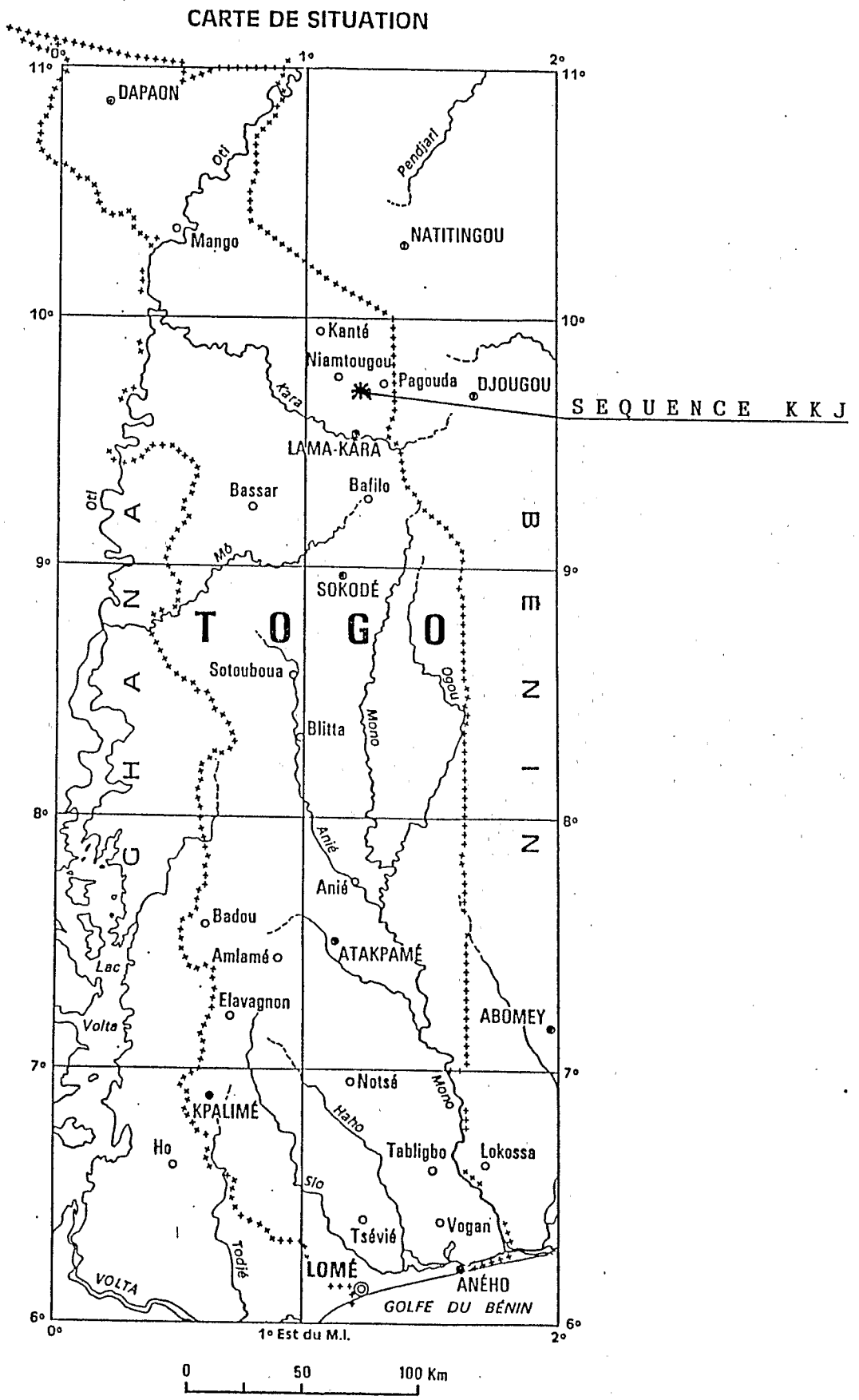


Fig. 1: Situation de l'étude

SEQUENCE KKJ - TOGO

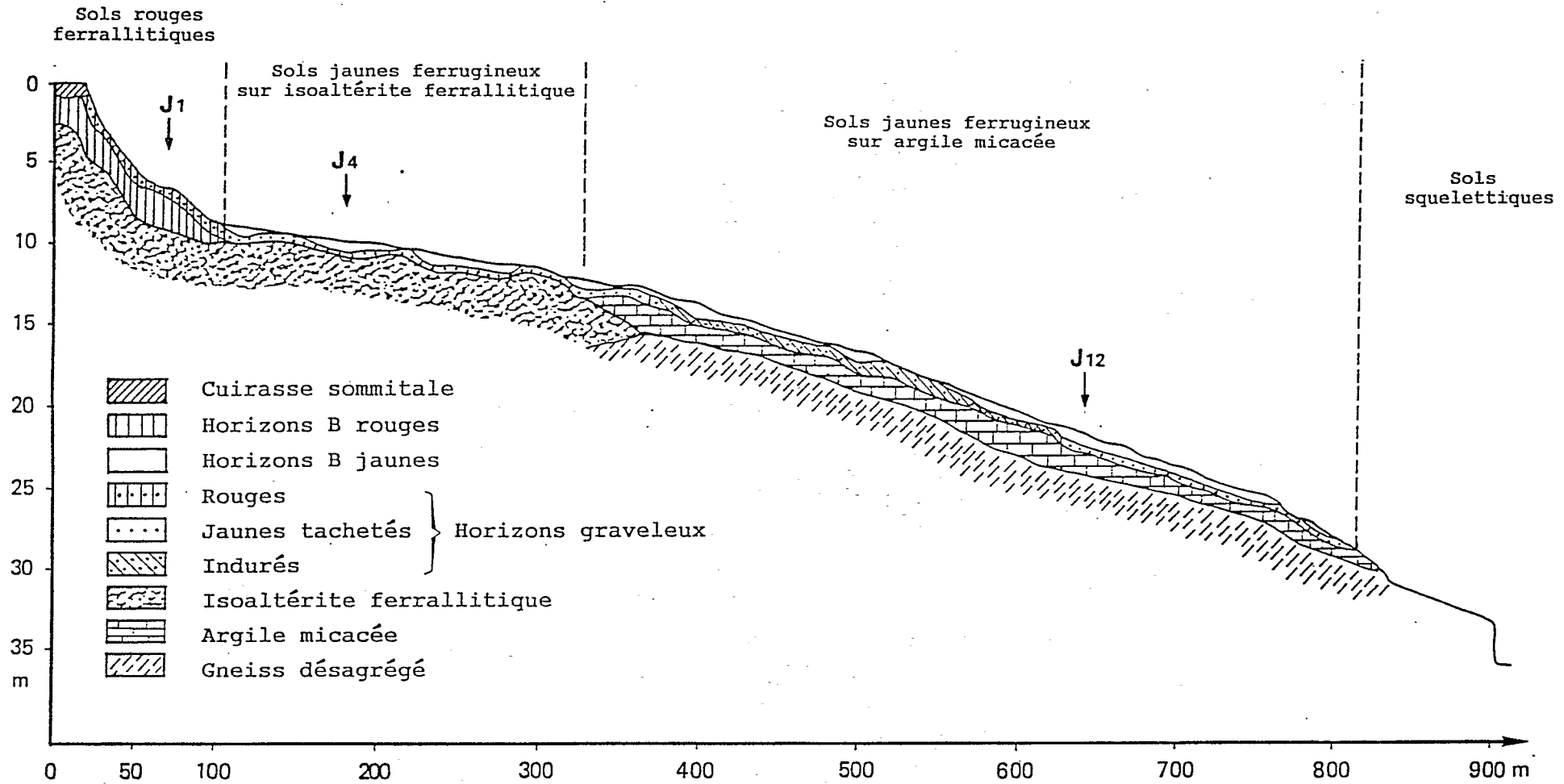


Fig. 2: Profil en long des sols et de la séquence KKJ

-Les gravillons ferrugineux :

Ces éléments, de taille comprise entre une fraction et une dizaine de mm, présentent une forme régulière, sphérique ou grossièrement ellipsoïdale. Leur aspect extérieur est sombre, présentant une patine dure, brun-noire ou brun-rouge-noire. Leur cassure, très dure, révèle une trame fine, rouge-sombre ou violacée, homogène, sans accroissement concentrique décelable.

-Les fragments de cuirasse :

Ce sont des éléments de taille comprise entre quelques mm et plusieurs cm. Leur forme est irrégulière, anguleuse ou subanguleuse, avec des traces de brisure sur certaines faces, et une couleur externe sombre, brun-rouge. Leur dureté est encore importante. La cassure montre une trame hétérogène, polychrome, brun-rouge, violacée, noire, analogue à celle de la cuirasse de la butte tabulaire amont.

-Les noyaux altérorélictuels :

Ces éléments présentent une forme allongée amygdaloïdale ; leur plus grande dimension varie de quelques mm à plusieurs cm. Leur périphérie montre des "criques" conchoïdales, mais pas de patine ni de cortex. Leur dureté est limitée et la cassure révèle une trame grossière, feuilletée, le plus souvent de couleur rouge-violacée où de fins lits de minéraux micacés et de quartz sont bien visibles. La morphologie interne de ces éléments est analogue à celle des plages les plus colorées, et les plus riches en oxydes de fer, du matériau originel isoaltéritique ferrallitique des sols de la partie amont de la séquence.

-Les nodules :

Ce dernier ensemble d'éléments ferrugineux présente une forme régulière, quasi-sphérique ou faiblement ovoïde, et une taille de quelques mm à moins de 2 cm. L'aspect extérieur est variable, de couleur ocre ou brun-rouge, et une paroi rugueuse avec des pointements de sable quartzeux en surface. Leur dureté est faible et la cassure révèle une trame variable, homogène ocre ou brun-rouge, ou hétérogène, avec un centre noir et une périphérie rouille. Un squelette de sables quartzeux est le plus souvent bien visible au sein de cette trame.

3- REPARTITION DES ELEMENTS FERRUGINEUX FIGURES

Un tri complet de la charge grossière supérieure à 2 mm de tous les horizons des profils de la séquence a permis de préciser la nature et les proportions des différents éléments glébulaires contenus. Leur répartition au sein des 3 profils caractéristiques est représentée sur la figure 3.

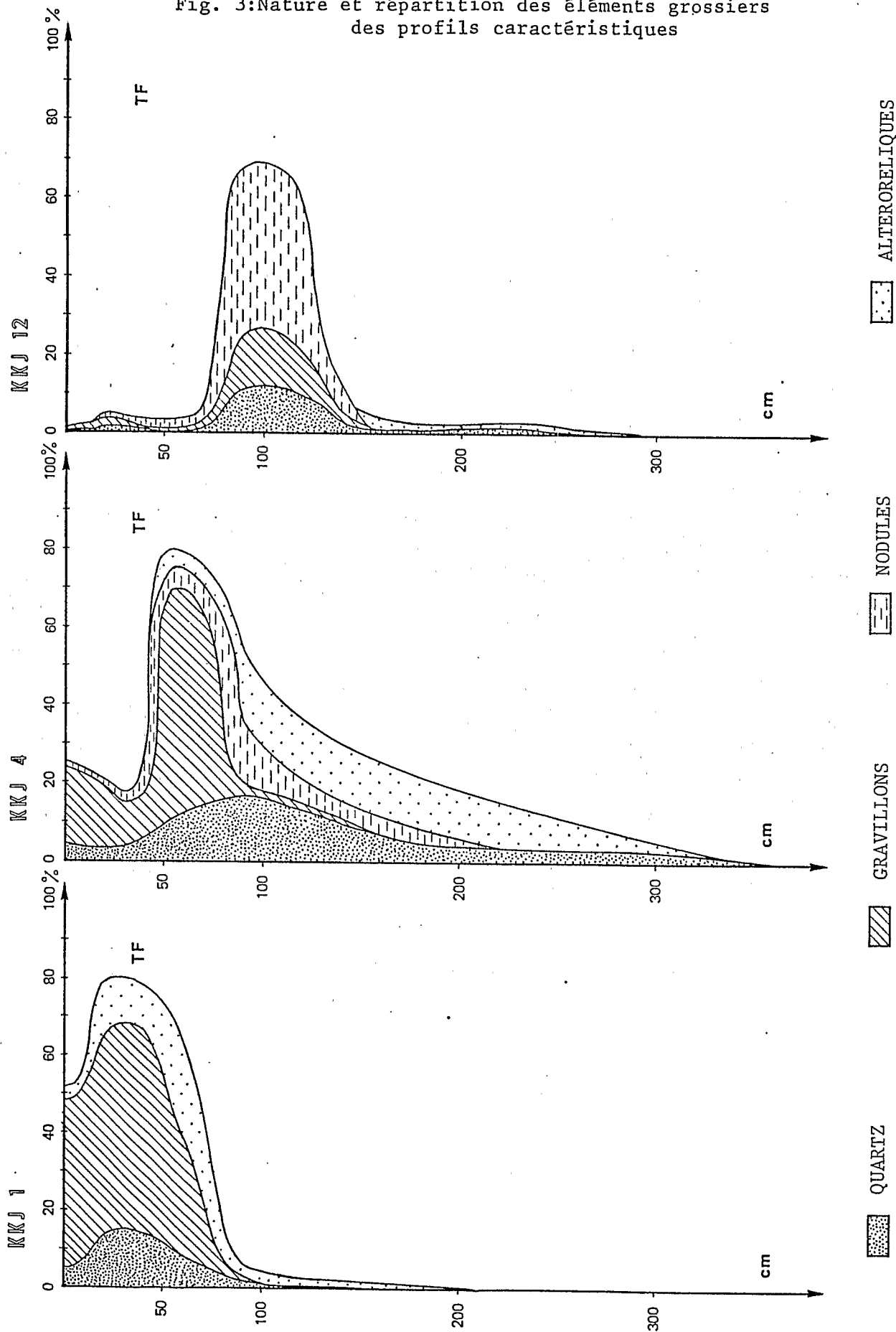
Les gravillons ferrugineux sont présents, en proportions variables, décroissant de l'amont vers l'aval, dans les sols rouges ferrallitiques et les sols jaunes ferrugineux. Ils sont également présents, inclus, dans la trame indurée de la cuirasse sommitale du témoin amont.

Des fragments de cuirasse, abondants dans le sol rouge ferrallitique, sont présents, en plus faible quantité, dans la stone-line des sols jaunes ferrugineux de l'amont et de l'aval de la séquence.

Les noyaux altérorélictuels sont abondants dans les horizons B profonds des sols rouges et jaunes développés sur isoaltérite ferrallitique. Mais on en trouve encore, en plus faible quantité, au sein de la stone-line des sols ferrugineux jaunes aval, développés sur un matériau originel massif micacé, où ils n'ont alors aucun rapport morphologique avec ce dernier.

Fig. 3: Nature et répartition des éléments grossiers des profils caractéristiques

SEQUENCE KKJ - Elements Grossiers



Les nodules, quant à eux, ne sont observés qu'au sein des horizons B des sols ferrugineux jaunes, horizons meubles B21 et horizons graveleux B22, sur matériau isoaltéritique à l'amont et sur matériau massif micacé à l'aval. On n'observe pas ce type d'élément dans les sols rouges ferrallitiques.

4- CARACTERES GEOCHIMIQUES DES ELEMENTS FIGURES FERRUGINEUX

Les différentes "populations" d'éléments glébulaires, triés par horizons et par profils, ont été soumis à l'analyse totale triacide. Les résultats analytiques obtenus ont pu être comparés entre populations, entre individus d'une même population, et avec ceux des matériaux fins des horizons qui les contiennent. Ceux des trois profils caractéristiques sont consignés sur le tableau de la figure 4.

Il apparaît que la différenciation sur une base morphologique se traduit par des caractéristiques analytiques bien spécifiques de chaque ensemble d'éléments ferrugineux figurés.

-Les gravillons ferrugineux présentent les teneurs en quartz les plus faibles, bien inférieures à celles des autres éléments figurés et à celles des matériaux fins et de la cuirasse sommitale qui les contient également. Le rapport moléculaire de leurs teneurs en silice et alumine combinées, inférieur à 1,5, montre une évolution minéralogique poussée, typiquement ferrallitique. Les caractéristiques chimiques de ces gravillons sont particulièrement constantes tout le long de la séquence, depuis ceux de la cuirasse sommitale, jusqu'à ceux contenus dans la stone-line des sols jaunes ferrugineux de l'aval.

-Les fragments de cuirasse présentent également des teneurs en fer élevées et une évolution minéralogique intense (alumine libre). Les teneurs en quartz sont supérieures à celles des gravillons tout en restant nettement inférieures à celles des matériaux fins. Les données analytiques de cet ensemble d'éléments figurés varient peu latéralement le long de la séquence, depuis la trame de la cuirasse sommitale, à laquelle elles sont comparables, jusqu'aux sols jaunes ferrugineux aval, où elles tranchent particulièrement avec celles des matériaux fins qui les contiennent.

-Les noyaux altérorélictuels contiennent des teneurs de fer plus limitées et montrent une évolution minéralogique moins intense que celle des deux ensembles précédents (rapport moléculaire silice/alumine proche de 2). Cette intensité d'évolution est comparable à celle des matériaux des horizons d'isoaltération présents à la base de la partie amont de la séquence, sous les sols rouges ferrallitiques et les sols jaunes ferrugineux. Les teneurs en bases, potassium et magnésium, sont également les plus importantes, supérieures à celles des autres éléments figurés et à celles des matériaux fins des horizons qui les contiennent ; elles traduisent la présence de minéraux primaires incomplètement altérés (micas essentiellement).

-Les nodules ont des caractéristiques géochimiques bien distinctes de celles des trois éléments précédents. L'analyse totale des nodules, présents, rappelons-le, exclusivement dans les horizons B des sols jaunes ferrugineux, fournit des valeurs beaucoup plus proches de celles des matériaux fins des horizons qui les contiennent. Les teneurs en fer sont naturellement plus élevées mais restent limitées. Les teneurs en quartz et en bases sont voisines. Les proportions moléculaires des teneurs en silice et alumine combinées sont analogues et traduisent la même évolution minéralogique, de moins en moins intense vers l'aval, que celle des matériaux fins des sols jaunes ferrugineux.

INTERPRETATION GRAPHIQUE DES RESULTATS ANALYTIQUES

Le report des données de l'analyse totale sur un triangle selon la méthode publiée par D'HOORE permet :

S E Q U E N C E K K J
M A T E R I A U X F I N S E T E L E M E N T S G R O S S I E R S
A N A L Y S E T O T A L E

	cuirasse sommitale		sol rouge ferrallitique KKJ 1 horizon B2				sol jaune ferrugineux sur isoaltérite KKJ 4 - horizon B2					sol jaune ferrugineux sur matériau massif micacé KKJ 12 - horizon B2				
	GR	CU	TF	GR	CU	AL	TF	GR	CU	AL	NO	TF	GR	CU	AL	NO
Perte au feu	11,05	10,00	9,20	10,75	9,35	8,70	8,20	9,50	8,15	9,05	8,65	5,35	10,60	8,95	6,45	6,10
Quartz	12,85	19,65	27,00	9,75	20,95	19,20	27,10	13,75	22,85	17,20	21,85	52,60	11,40	29,70	29,65	48,25
SiO ₂	9,90	14,90	24,50	10,95	13,35	23,10	28,40	12,50	13,60	19,65	21,90	19,10	10,80	11,25	25,25	15,15
Al ₂ O ₃	11,50	14,50	21,30	13,00	14,00	20,00	23,30	14,50	14,75	17,75	19,25	14,90	13,00	13,00	20,00	13,00
Fe ₂ O ₃	53,00	39,00	15,00	54,00	41,00	27,00	9,50	47,50	38,75	34,00	26,50	4,75	53,00	35,00	12,50	16,00
TiO ₂	0,42	0,56	0,72	0,45	0,67	0,62	0,75	0,52	0,61	0,50	0,50	0,95	0,40	0,40	0,55	0,47
MnO ₂	0,04	0,07	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,11	0,03	0,01	0,16	0,15	0,94	0,01
CaO	0,11	0,11	0,12	0,04	0,04	0,05	0,31	0,10	0,10	0,10	0,11	0,38	0,18	0,16	0,20	0,16
MgO	0,11	0,14	0,29	0,11	0,13	0,28	0,55	0,14	0,15	0,31	0,28	0,44	0,18	0,20	0,86	0,28
K ₂ O	0,36	0,43	1,00	0,40	0,45	1,20	1,93	0,43	0,43	0,94	0,94	0,88	0,30	0,36	1,62	0,58
Na ₂ O	0,29	0,26	0,25	0,04	0,06	0,09	0,34	0,42	0,15	0,23	0,17	0,63	0,24	0,34	1,06	0,32
Total	99,63	99,62	99,42	99,52	100,07	100,27	100,42	99,39	99,57	99,84	100,18	99,99	100,29	100,01	99,18	100,32
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,46	1,74	1,94	1,43	1,62	1,96	2,06	1,46	1,56	1,87	1,93	2,17	1,41	1,47	2,15	1,97

TF-terre fine 2mm

GR-gravillons ferrugineux

CU-fragments de cuirasse

AL-noyaux altérorélictuels

NO-nodules

Fig. 4: Composition chimique totale des matériaux fins et éléments grossiers ferrugineux des horizons graveleux des profils caractéristiques

-d'apprécier et de mettre en évidence les relations entre les éléments constitutifs d'un même horizon et/ou d'un même profil

-de comparer des éléments homologues de profils différents

Sur le triangle figurant les données du profil rouge ferrallitique KJ 1 (Fig 5), le déplacement des points représentant la composition des matériaux fins, des horizons d'isoaltération (17-16) vers la surface (12), montre une augmentation absolue des oxydes, de la silice combinée et des bases (16-17), puis une augmentation absolue des oxydes et une diminution relative de la silice et des bases (16-15-14), au passage aux horizons B. On observe ensuite une diminution absolue de la silice combinée et des bases au sommet des horizons B (14-13), qui traduit l'éluviation en minéraux argileux, avec augmentation relative des oxydes, et enfin une décroissance absolue des oxydes, de la silice et des bases au passage aux horizons A (13-12).

La position des points représentant la composition des noyaux altérorélictuels traduit une augmentation absolue des oxydes et une diminution relative de la silice combinée et des bases par rapport au matériau isoaltéritique sous-jacent tout en confirmant la relation entre ces éléments et ce matériau (16-15).

En ce qui concerne les points représentatifs des fragments de cuirasse et des gravillons ferrugineux, on ne peut pas attribuer de relation directe entre ces éléments et les matériaux fins qui les contiennent (14-13-12).

Le triangle du profil KJ 4 jaune ferrugineux sur isoaltérite (Fig 6) montre au niveau des matériaux fins une diminution absolue de la silice combinée et des bases ainsi que des oxydes dans les horizons d'altération (47-46), puis une augmentation des oxydes dans l'horizon B22 (46-45), enfin de nouveau une diminution absolue de la silice combinée et des oxydes, traduisant une évolution marquée, dans la partie supérieure, horizons B21 (44-43).

La position des points représentatifs des altérorélictuels (44-43), montre encore une augmentation absolue des oxydes, et une diminution relative de la silice combinée, par rapport aux matériaux isoaltéritiques sous-jacents (46-47), tout en confirmant la relation avec ceux-ci.

Comme pour le sol rouge ferrallitique, il n'y a par contre pas de relation entre les fragments de cuirasse, les gravillons et les matériaux fins des horizons qui les contiennent (42-45).

Une nette relation, par accroissement absolue des teneurs en oxydes et diminution relative de la silice combinée et des bases est par contre bien visible entre les nodules et les matériaux fins des horizons respectifs qui les contiennent (43-44), dont ils dérivent par imprégnation d'oxydes.

Le triangle du profil KJ 12 jaune ferrugineux sur matériau massif micacé (Fig 7) montre, en ce qui concerne les matériaux fins, une augmentation absolue de la silice combinée, des bases et des oxydes, dans les horizons du matériau argileux en profondeur (128-126), puis une diminution absolue de ces deux groupes de constituants, par éluviation relativement intense, dans la partie supérieure du profil (horizons B, 125-124-123).

De même que dans le sol jaune précédent, seuls les nodules peuvent être reliés aux horizons qui contiennent les éléments glébulaires (123-124-125), par augmentation absolue des oxydes de fer et diminution relative de la silice combinée et des bases.

Les noyaux altérorélictuels, gravillons ferrugineux et fragments de cuirasse sont, là encore, sans relation avec les matériaux fins qui les contiennent, et ceci de façon d'autant plus marquée que ces derniers sont particulièrement pauvres en silice combinée et donc riches, en valeur relative, en quartz.

Sur un dernier triangle (Fig 8) ont été reportés les points représentatifs des compositions des différents ensembles d'éléments ferrugineux figurés présents dans l'horizon graveleux de tous les profils de la séquence,

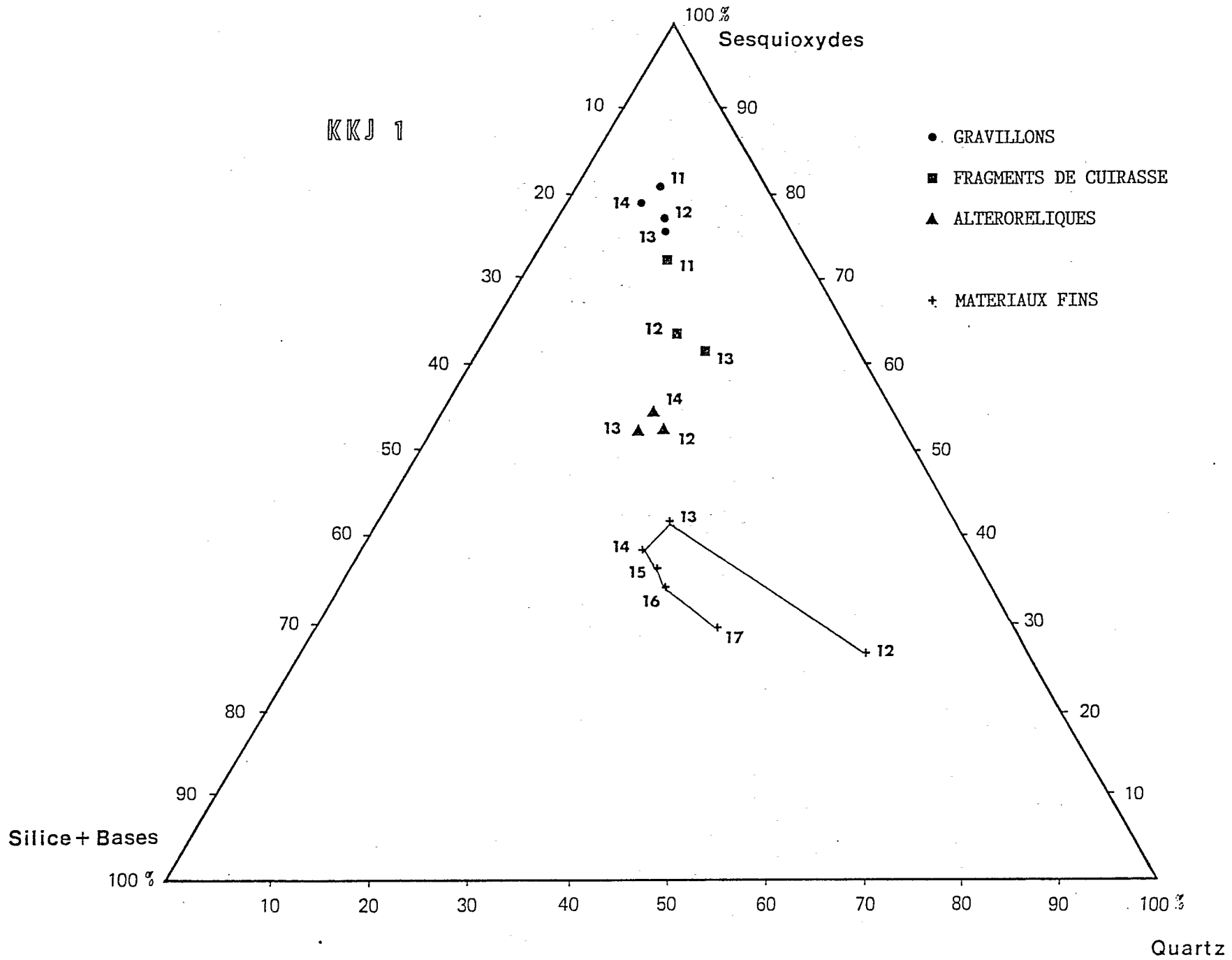


Fig. 5: Diagramme représentatif de la composition chimique des constituants du sol rouge ferrallitique

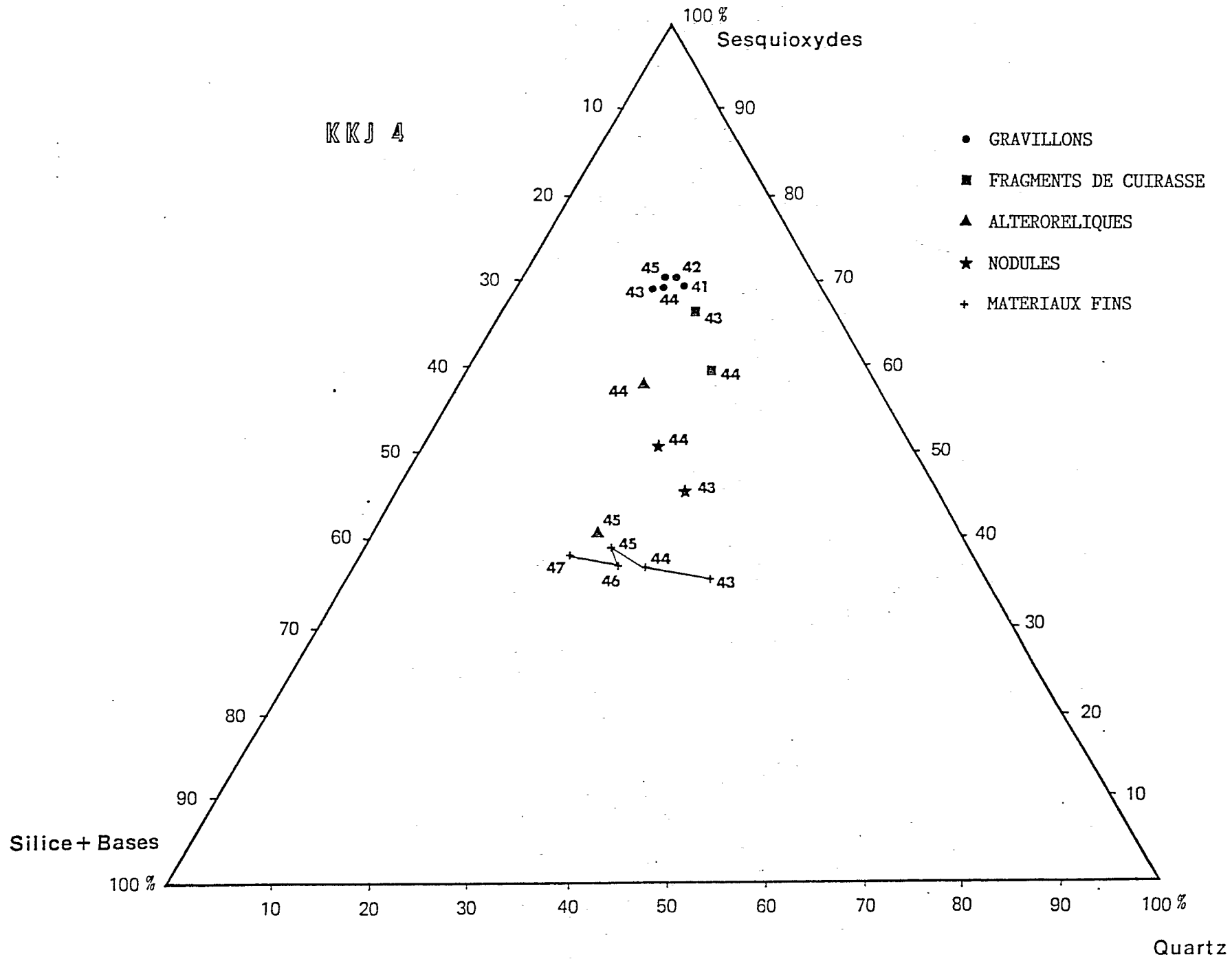
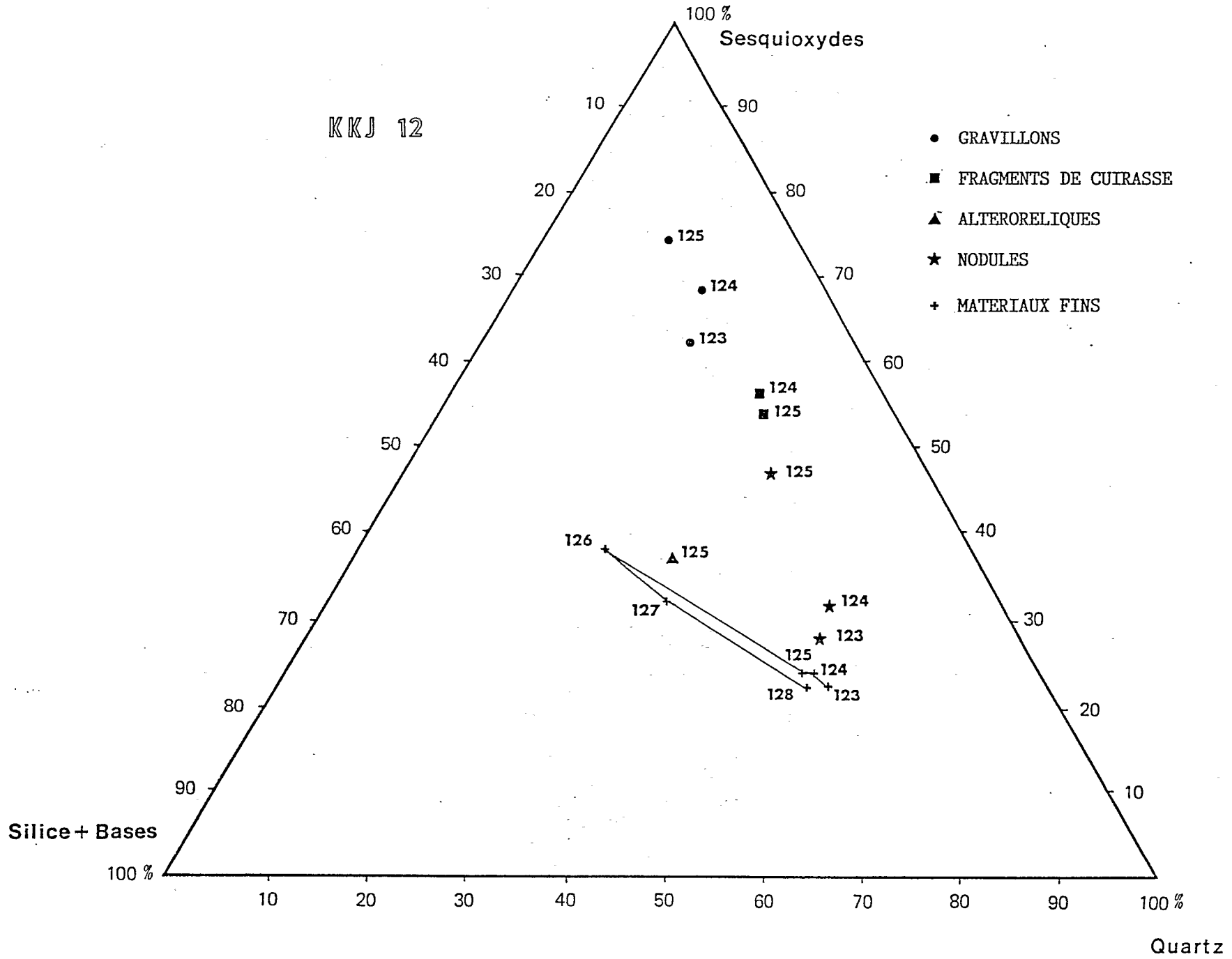


Fig. 6: Diagramme représentatif de la composition chimique
 des constituants du sol jaune ferrugineux
 sur isoaltérite

Fig. 7: Diagramme représentatif de la composition chimique des constituants du sol jaune ferrugineux sur matériau massif micacé



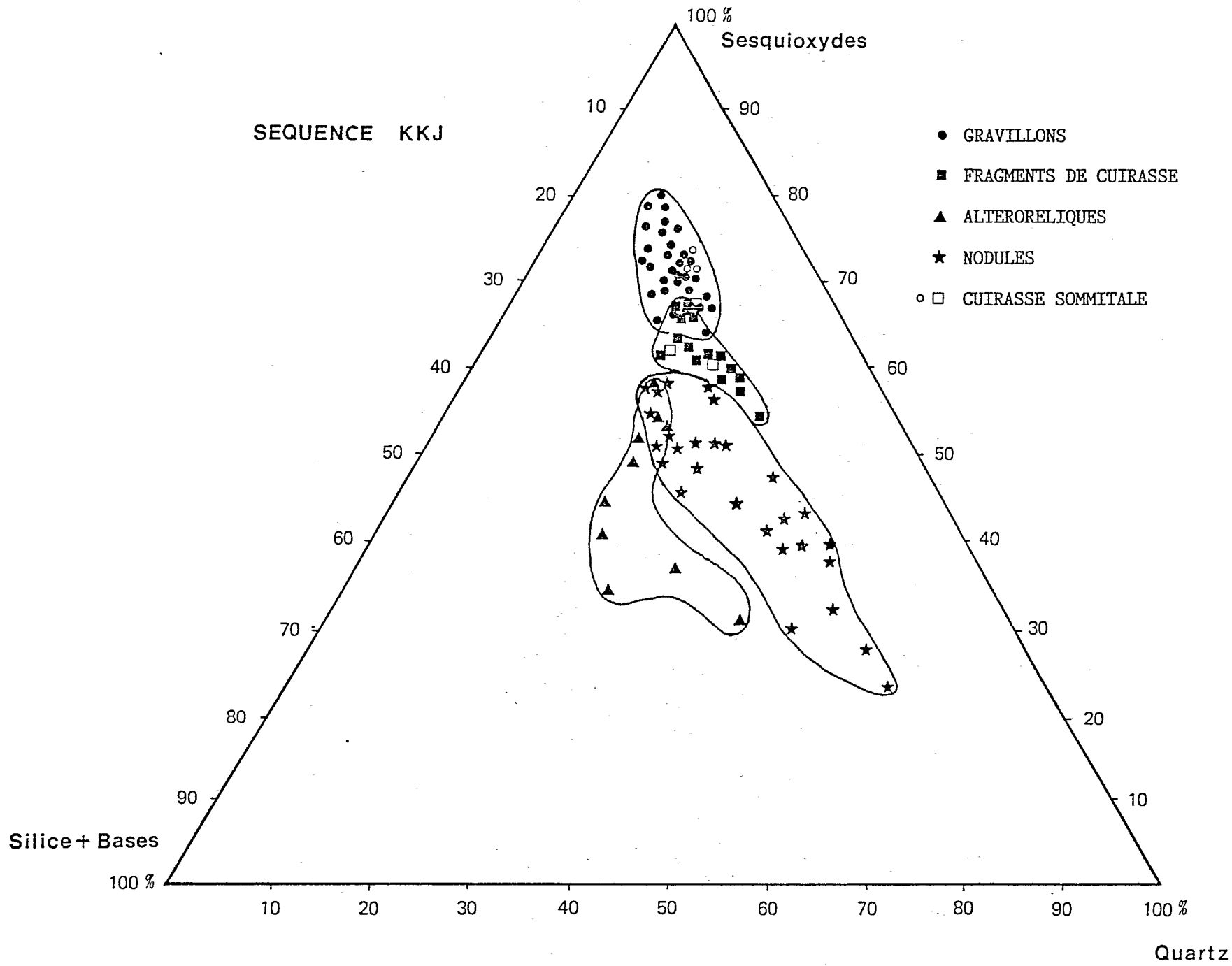


Fig. 8: Diagramme représentatif de la composition chimique
des éléments grossiers ferrugineux
de l'ensemble de la séquence KKJ

depuis l'amont (cuirasse sommitale comprise), jusqu'aux sols jaunes ferrugineux de l'aval. On remarque que les quatre ensembles, qui constituent l'ensemble des quatre populations d'éléments glébulaires de la séquence, sont groupés en quatre nuages de points bien distincts.

Les gravillons ferrugineux forment un nuage compact et de dimension restreinte dans la partie supérieure du triangle, représentant les plus fortes proportions de sesquioxydes et les plus faibles proportions de quartz.

Les fragments de cuirasse se regroupent également en un nuage de points, de dimension aussi restreinte, dans un secteur marquant une richesse en oxydes encore importante, mais une richesse en quartz un peu plus élevée.

On note que les points représentatifs des éléments constitutifs de la cuirasse sommitale, trame indurée et gravillons ferrugineux inclus, sont parfaitement positionnés, respectivement, au sein des deux nuages précédents. Ces deux types d'éléments ferrugineux ne sont pas dissociables lorsqu'ils sont issus de la cuirasse sommitale et lorsqu'ils sont contenus dans les sols du versant.

Les noyaux altérorélictuels forment une constellation plus lâche, mais toujours bien individualisée, avec des teneurs en oxydes plus moyennes, des teneurs en silice combinée et en bases plus importantes, et des teneurs en quartz encore limitées. La répartition des points correspond à celle de l'hétérogénéité des matériaux originels isoaltéritiques dont ils dérivent.

Les nodules se regroupent en une constellation allongée selon une direction qui traduit des teneurs faibles en silice combinée et en bases (20 à 30%). Les teneurs en quartz sont variables (30 à 60%), augmentant de l'amont vers l'aval de la séquence parallèlement à l'intensité d'éluviation en argile des horizons qui les contiennent. Corrélativement, les teneurs en sesquioxydes augmentent inversement en valeur relative de l'aval vers l'amont.

ORIGINE DES QUATRE POPULATIONS D'ÉLÉMENTS FERRUGINEUX FIGURÉS

Les observations morphologiques ayant amené à la différenciation des éléments figurés des sols de la séquence KJ en quatre populations sont, comme il a été montré plus haut, confirmées par l'analyse de chacun des individus qui leurs sont rattachés.

Mais ces résultats analytiques et leurs interprétations graphiques montrent aussi les spécificités de chaque groupe d'éléments ferrugineux figurés constituant ces populations, et permettent d'en préciser leurs origines respectives.

Gravillons et fragments de cuirasse révèlent une intensité d'évolution minéralogique, de nature typiquement ferrallitique, et des caractéristiques géochimiques constantes tout au long de la séquence, analogues à celles des constituants de la cuirasse sommitale du témoin tabulaire amont, mais très différentes de celles des matériaux fins des sols ferrugineux jaunes du versant. L'origine de ces deux groupes d'éléments ne peut donc être que résiduelle de la désagrégation d'une cuirasse ferrallitique, qui couvrirait antérieurement tout le site et dont ne subsiste actuellement que le témoin amont.

Les noyaux altérorélictuels montrent une analogie, morphologique et analytique, marquée avec les phases les plus riches en fer de l'isoaltérite ferrallitique bariolée qui constitue le matériau originel des sols de l'amont de la séquence. Ils résultent ainsi de l'induration et de l'individualisation de ces phases après la pédoplasation des phases claires, moins riches en fer, restées meubles. Ils se concentrent dans les horizons B où ils entrent parmi les éléments constitutifs de la stone-line. Ces altérorélictuels, en restant présentes dans les sols ferrugineux développés sur matériau massif micacé, ne sont plus en relation avec ce type de matériau originel caractéristique de la pédogénèse ferrugineuse actuelle, mais constituent des "témoins" de l'extension ancienne sur le site, du manteau isoaltéritique, qui, du fait de l'évolution du modelé par érosion, n'est plus présent que dans la partie sommitale des interfluves.

Les nodules, du fait de leur similitude de caractéristiques morphologiques et analytiques (évolution minéralogique, squelette quartzeux...) avec les matériaux fins des horizons des sols jaunes qui, seuls, les contiennent, et surtout de l'étroite corrélation, latérale et horizon par horizon, entre ces éléments figurés et les matériaux fins, ne peuvent être considérés que comme les seuls éléments de la phase glébulaire réellement autochtones. Leur formation résulte de la redistribution des oxydes et de leur individualisation sous forme figurée indurée au sein des horizons B des sols jaunes, sous l'action de la ferruginisation, processus pédogénétique actuel, climatique de la région, qui fait intervenir conjointement ségrégation de l'argile et du fer, éluviation de la première et redistribution du second.

C O N C L U S I O N

L'étude détaillée, morphologique et analytique, des éléments ferrugineux figurés des deux types de sols, rouges ferrallitiques et jaunes ferrugineux tropicaux, associés en séquences typiques de nombreux versants du nord-Togo, mais aussi de la ceinture soudano-guinéenne de l'Afrique de l'Ouest, a permis de définir et caractériser quatre ensembles de populations, dont la répartition au sein des sols et le long des versants a pu être également précisée.

Parmi ces quatre populations, les nodules sont les seuls éléments glébulaires spécifiques des sols jaunes ferrugineux et leurs caractéristiques permettent de leur attribuer, à eux seuls, une origine autochtone. On trouve des individus des trois autres populations : gravillons ferrugineux, fragments de cuirasse, noyaux altérorélictuels, dans les deux types de sols, ferrallitiques et ferrugineux, mais les caractéristiques de ces trois ensembles d'éléments figurés sont nettement discordantes avec celles des matériaux fins des horizons B des sols jaunes qui les contiennent.

Ces trois dernières populations d'éléments figurés sont ainsi déphasées dans le contexte pédologique actuel des sols ferrugineux tropicaux. Ils constituent autant d'héritages de pédogénèses antérieures ferrallitiques, marquant respectivement, pour les gravillons et les fragments de cuirasse d'une part, pour les noyaux altérorélictuels d'autre part, une extension passée beaucoup plus importante, sinon totale, de formations cuirassées et de manteaux isoaltéritiques ferrallitiques.

L'étude des éléments ferrugineux figurés apporte ainsi un ensemble d'arguments décisifs, complémentaires à ceux fournis par les matériaux originaux, l'évolution géomorphologiques du modelé, les mouvements de matière le long des versants, dans la mise en évidence du caractère polygénique des sols ferrugineux tropicaux de cette région d'Afrique de l'Ouest.