

CENTRE ORSTOM DE LOME



RECHERCHES GEOLOGIQUES
AU TOGO

NOTES ET RAPPORTS
DE ALAIN BLOT

1982

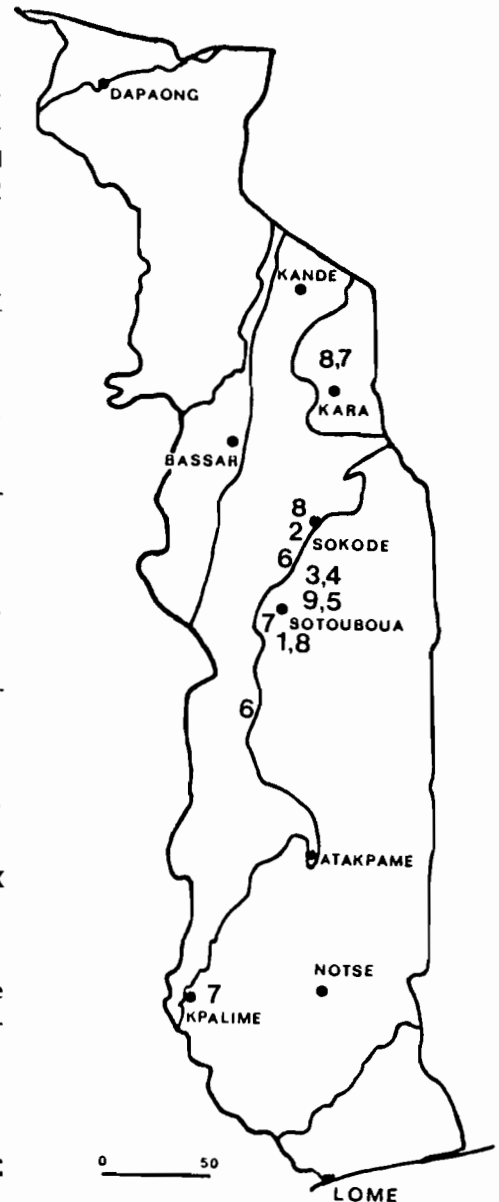


RECHERCHES GEOLOGIQUES AU TOGO

NOTES ET RAPPORTS DE ALAIN BLOT

1982

- 1 - LE MASSIF DE SOTOUBOUA VU A TRAVERS LA PROSPECTION GEOCHIMIQUE "STREAM-SEDIMENTS", SON INCIDENCE SUR LES ANOMALIES GEOCHIMIQUES DE LA REGION (ANALYSE DU RAPPORT DE JL LASSERRE). - MAI 1982 p. 1-14.
- 2 - LE VOLCANISME POST-ATACORIEN DE SOKODE - MAI 1982 - p. 15-19.
- 3 - LA SERIE DES GNEISS DE L'AOU - MAI 1982 - p. 20-23.
- 4 - L'ALTERATION DES GNEISS DE L'AOU - MAI 1982 - p. 24-27.
- 5 - LA FORMATION DE TITIGBE - MAI 1982 - p. 28-30.
- 6 - LE CONTACT ATACORIEN-DAHOMEYEN - MAI 1982 - p. 31-35.
- 7 - MINERALOGIE DU TOGO (1) - MAI 1982 - p. 36-41.
- 8 - LES INDICES MIS EN EVIDENCE AU COURS DES TRAVAUX MAI 1982 - p. 42-48.
- 9 - ANALYSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE D'EAU DU 4ème FED DANS LA REGION CENTRALE SUD - MAI 1982 - p. 49-56.
- 10 - RECHERCHE D'EAU DANS LE CADRE DU 4ème FED. CRITIQUE DES DONNEES DE L'ANALYSE STATISTIQUE DE D. THIERY (B R G M 1981) - JUIN 1982 - p. 57-61.



LE MASSIF DE SOTOUBOUA VU A TRAVERS LA PROSPECTION GEOCHIMIQUE "STREAMS-SEDIMENTS", SON INCIDENCE SUR LES ANOMALIES GEOCHIMIQUES DE LA REGION.

(Analyse du Rapport de J.L. LASSERRE)

Nous avons vu qu'à une certaine échelle (BLOT, 1981), la composition des streams-sédiments s'apparentait à la composition des sols en reflétant assez bien la composition des roches sous-jacentes; la conséquence en est que les streams-sédiments sont une image des roches avec une certaine homogénéisation d'ensemble et une déformation de l'image.

Il faut maintenant envisager les enseignements que l'on peut tirer de cette prospection dans la mouvance du massif de Djabatouré - Soutouboua et voir si ces enseignements sont conformes aux analyses pétrographiques de LASSERRE d'une part de MENOT et SEDDOH d'autre part. Enfin il y a à regarder la place qu'occupent les streams-sédiments du massif dans les anomalies géochimiques définies dans la région.

Nous proposons donc de changer d'échelle en ne considérant qu'une partie du secteur de prospection de LASSERRE et MATHEUS, d'analyser la composition de moins de 40 échantillons.

COMPOSITION DES DIFFERENTS MATERIAUX :

Les streams-sédiments issus du massif de Sotouboua représentent une population bien particulière qui sera analysée dans le deuxième chapitre et qui est ici comparée à différents matériaux situés dans la même région.

Dans le tableau 1, les compositions de ces streams-sédiments sont comparées aux compositions moyennes des roches du massif, et à différentes populations de streams-sédiments.

Tableau 1 - Composition moyenne des streams-sédiments issus du massif de Sotouboua (2) comparée aux moyennes des roches de ce massif (1) et aux moyennes des streams-sédiments des secteurs Sotouboua (4) et Agbandi (5). (3) est la composition du secteur Sotouboua hors massif. (1) D'après AICARD, (4) et (5) extraits de LASSERRE, (2) et (3) calculés d'après les données de LASSERRE.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe O	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Mn	Ti
1	46,88	17,45	(10,64) ⁺	7,84	12,38	2,52	0,37	(0,10) ⁺⁺	(1,02) ⁺⁺
2	72,77	10,55	8,85	4,96	1,5	1,58	0,43	1 168 x	4 149 x
3	82,17	7,40	5,40	1,37	1,5	1,77	1,75	661 x	10 951 x
4	81,47	7,63	5,65	1,64	1,6	1,76	1,65	697 x	10 451 x
5	77,86	7,12	8,17	2,65	1,7	2,33	0,88	1 434 x	13 799 x

+ (Fe₂ O₃+Fe O)

Mn et Ti ++ en %

x en ppm

Tableau 2 - Les éléments mineurs dans les différents groupes considérés

	2	3	4	5
P	333	275	279	333
B	8	32	30	12
Ba	122	405	384	489
Bi	15	11	11	9
Co	54	14	17	22
Cu	85	31	35	52
Cr	389	100	123	198
Ni	198	34	47	83
Sr	85	87	87	242
V	128	90	92	120
Zn	107	49	53	71
Zr	131	497	471	617

On remarque que les streams-sédiments issus du massif ont une composition différente à la fois de celle des roches du massif et de celle des streams de l'ensemble du secteur.

- Par rapport aux roches

Nous observons que les streams-sédiments sont *plus riches en silice* que l'ensemble des roches connues dans le massif et à peu près aussi pauvres en potassium. Pour les autres éléments on observe une dilution dans la phase silicieuse dominante - probablement beaucoup de quartz - notamment catastrophique pour *le calcium qui disparaît pratiquement*. Le fer est relativement bien maintenu dans les streams-sédiments. Cette richesse en silice associée à une disparition du Ca est typique d'un processus de surface.

- Par rapport aux autres populations de stream-sédiments

a - Du secteur de Sotouboua

Dans l'ensemble du secteur de Sotouboua (4) les streams-sédiments liés au massif gabbroïque se caractérisent par *une composition tout à fait particulière* montrant de fortes teneurs en Al, Fe, Mg, Co, Cu, Ni, Cr et Zn.

A première vue, et comme les corrélations le montrent à l'échelle du secteur il était normal de regrouper tous ces éléments comme caractéristiques des minéraux ferromagnésiens en réservant peut être le cas de l'aluminium.

Ce contraste se renforce en ne considérant que les échantillons hors massif (3) et aurait pu être accentué en "nettoyant" la population des échantillons extraits de massifs basiques tels Afoulayo.

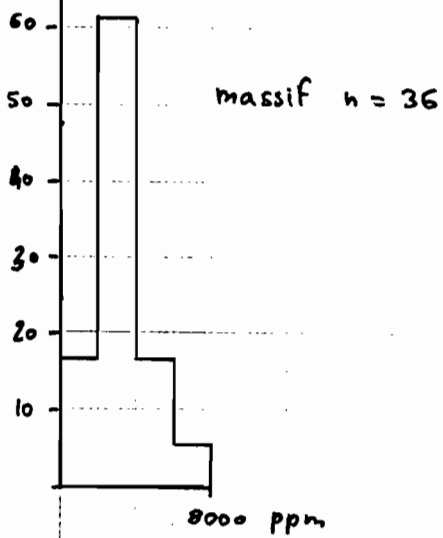
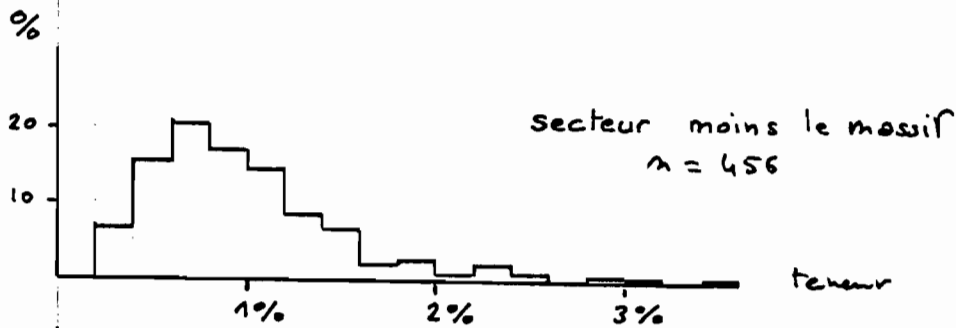
Ce contraste est illustré par des histogrammes de répartition du chrome et du titane (fig.1) où ces éléments sont respectivement enrichis et appauvris dans le massif par rapport au secteur de Sotouboua.

b - Du secteur Agbandi (5)

La composition relativement "basique" du secteur Agbandi apparaît intermédiaire entre celle du massif de Sotouboua (2) et celle du secteur Sotouboua (3 et 4) à l'exception de l'alumine.

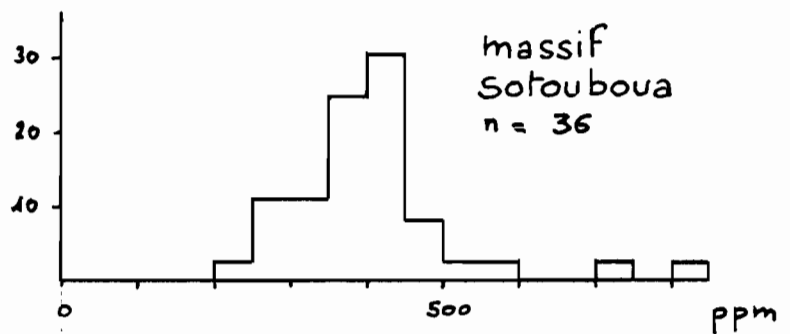
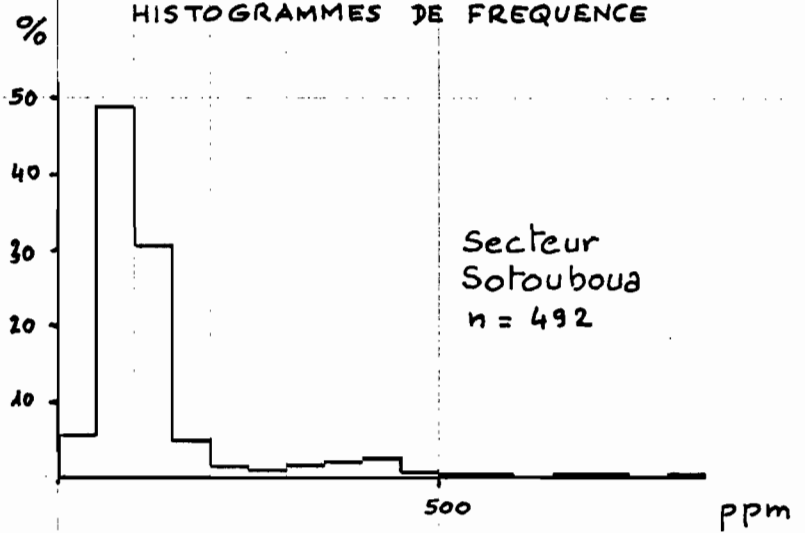
Figure 1 - Histogrammes Ti et Cr dans les stream-sédiments

TITANE



CHROME

HISTOGRAMMES DE FREQUENCE



DEFINITION DES STREAMS-SEDIMENTS ISSUS DU MASSIF DE SOTOUBOUA

Après avoir vu ce que sont les streams-sédiments du massif par rapport aux roches et aux autres streams-sédiments de la même région, il nous faut voir ce qu'ils sont en eux-mêmes. La méthode utilisée ici a été de calculer les coefficients de corrélation entre éléments pris 2 à 2 pour les 34 échantillons représentatifs du massif, à partir des éléments qui apparaissent en relief dans la région : Mg, Fe, Al et Cr (sur les 36 échantillons provenant du massif 2 ont été écartés).

Tableau 3 - Quelques calculs du coefficient de corrélation des éléments pris 2 à 2 - N = 34

	Al	Fe	Ti	V	Ni	Co	Cu	Cr
Mg	0,515	0,014	-0,094	0,077	0,481	-0,095	-0,198	0,725
Al	-	-0,310	0,648	0,591	-0,053	-0,334	-0,071	0,154
Fe	-	-	0,331	0,621	0,371	0,379	0,007	-0,291
Cr	-	-			0,445	0,164	-0,341	-

En fait comme on l'observe sur le tableau 3, il n'y a que très peu de corrélation significatives :

Cr, Al et Ni autour du Mg

V autour du Fe

Mg autour de l'Al

Mg et Ni autour du Cr.

Ce qui peut signifier que l'approche minéralogique n'est pas aussi évidente qu'on pouvait le supposer préalablement : il n'y a pas unicité d'un ensemble de minéraux ferromagnésiens et on distingue nettement le groupe Mg-Al-Cr-Ni du groupe Fe-V qui au plan minéralogique pourraient être un groupe amphibole-chlorite-vermiculite (ferromagnésien) distinct d'un groupe oxy-hydroxydes de fer. La distinction entre ces 2 groupes est, à bien des égards, importante le groupe ferromagnésien étant grosso modo composé de minéraux primaires (+ secondaires) hydroxylés et le groupe des minéraux du fer étant principalement secondaire. A ces deux

groupes se rattachent spécialement des éléments mineurs et non plus à un grand groupe ferromagnésien enrichi tel que pouvait le laisser croire l'approche au niveau de l'ensemble du secteur de Sotouboua.

LE CORTEGE DES ELEMENTS MINEURS ET LEURS AFFINITES

Les matériaux étudiés sont, nous l'avons déjà vu, assez riches en éléments suivants : Al, Fe, Mg, Cr, Co, Cu, Ni et Zn. Parmi les majeurs nous avons distingué 2 groupes principaux sélectionnant ainsi les éléments mineurs accompagnés; il s'agit du groupe des *minéraux ferro - gnésiens* accompagnés surtout de *Cr et Ni* et du groupe des *oxy-hydroxydes de fer* accompagné du *vanadium*.

On peut constater que les autres éléments mineurs relativement bien représentés ici n'ont aucune affinité particulière avec les éléments typiques des 2 groupes définis.

Ceci est particulièrement net pour *le cuivre* qui à l'échelle du secteur apparaissait très bien corrélé avec les éléments mineurs Ni, Co, Zn, V et Cr : à l'échelle du massif le cuivre ne présente plus aucune corrélation avec ces éléments et il apparaît même une corrélation significative avec le chrome ($P < 0,05$). Les teneurs en cuivre apparaissent donc indépendantes de la nature du massif, il peut s'agir d'un accompagnateur aléatoire.

Par contre *le nickel et le chrome* sont assez bien liés aux teneurs en magnésium ce qui permet de croire à l'éventualité de la présence de roches U B. Il est certain que les teneurs mesurées dans les streams-sédiments ne permettent pas de l'affirmer car le matériau analysé n'est qu'une fraction des produits de décomposition des roches, laissant beaucoup de part à l'incertitude quant à la composition réelle d'origine des roches.

LES PROBLEMES DE CHANGEMENT D'ECHELLE DANS L'INTERPRETATION DES PROSPECTIONS.

En passant d'une population assez vaste et hétérogène (les 492 échantillons du secteur Sotouboua de LASSERRE) à une population plus restreinte

et plus homogène (les 34 échantillons du massif de Sotouboua) on observe des objets différents aux comportements différents. Ceci a été souligné dans le 1er chapitre où le massif de Sotouboua - par ses streams-sédiments - apparaît fort contrasté par rapport au secteur dans lequel il se trouve. Cela a encore été confirmé avec l'étude des affinités du cuivre dans le 3ème chapitre.

On peut regarder à titre d'exemple ce que deviennent les 10 meilleures corrélations significatives du secteur Sotouboua, lorsque l'on prend seulement en compte les 34 échantillons issus du massif :

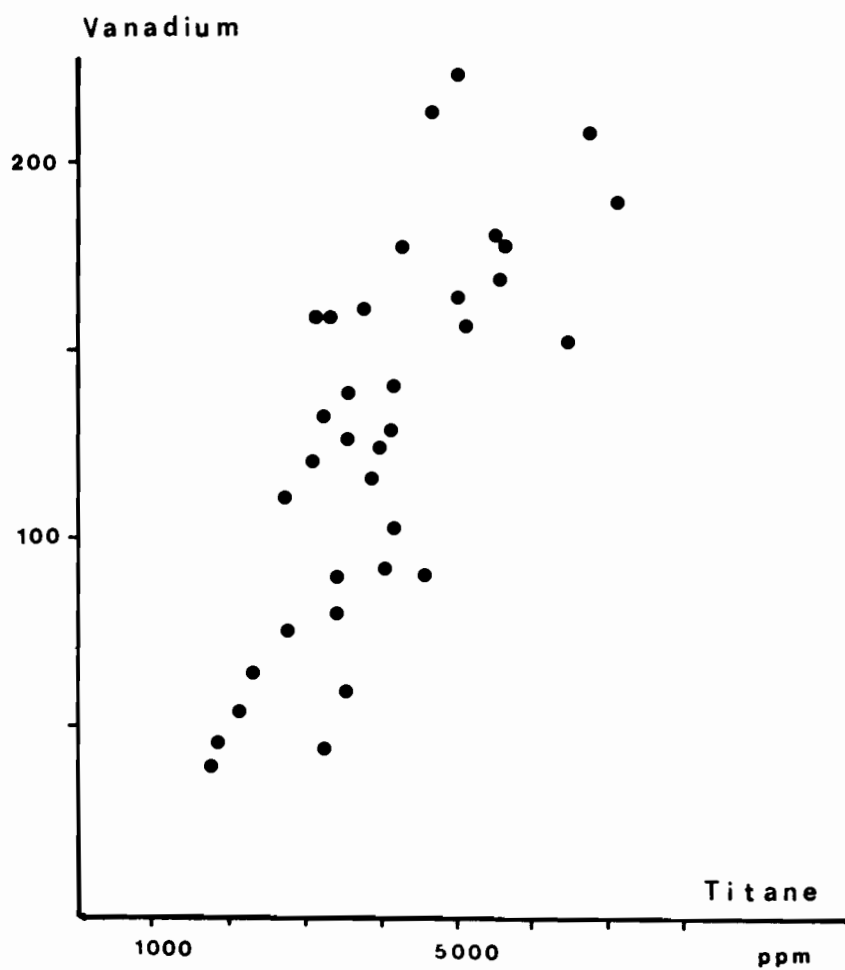
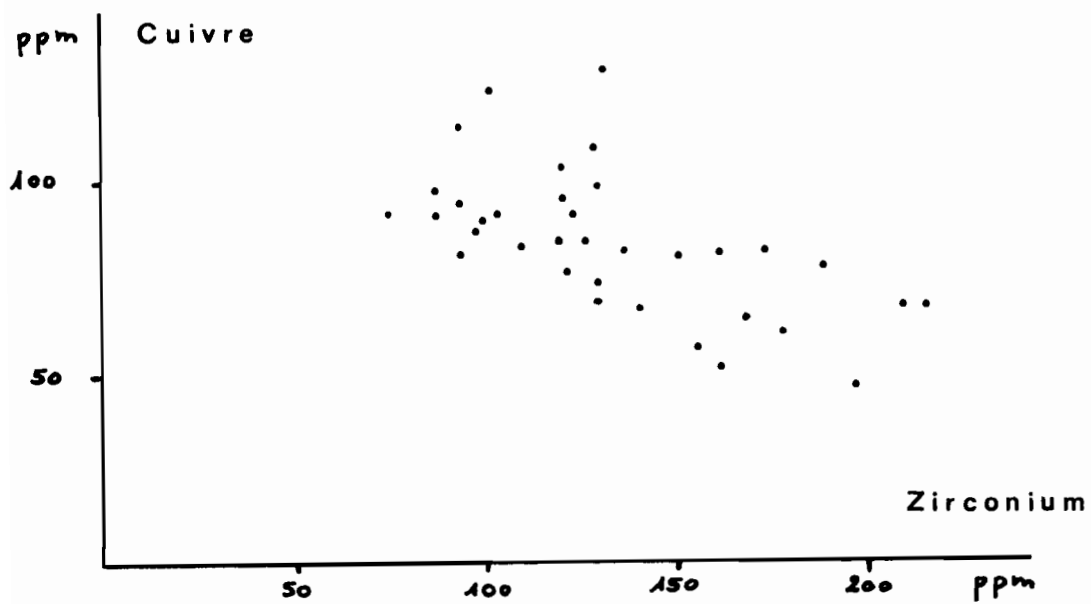
Tableau 4 - Comparaison des corrélations dans 2 populations

Couple	Coefficient de Corrélation		Signification pour N = 34
	Pour N = 492	Pou N = 34	
Cr - Ni	0,94	0,445	0,01
Ni - Cu	0,90	- 0,016	ns
Co - Ni	0,88	0,475	0,01
Co - Cu	0,87	0,03	ns
Fe - Co	0,83	0,379	0,05
Cu - Zn	0,82	0,151	ns
Cu - V	0,81	0,198	ns
Cr - Co	0,81	0,164	ns
Fe - Cu	0,80	0,007	ns
Cr - Cu	0,80	- 0,341	Négatif 0,05

Sur ces 10 corrélations calculées (cf tableau 4) on observe que 3 seulement sont significatives à l'échelle du massif, 6 sont sans signification et une (Cr - Cu) devient négative.

Par contre on peut observer aussi que des corrélations significatives soit positives soit négatives peuvent apparaître à l'échelle du massif sans que cela puisse être soupçonné à l'échelle du secteur.

Figure 2 - Corrélations dans les stream sediments du massif de Djabatoré - Sotouboua



Par exemple une forte corrélation positive apparaît dans les streams-sédiments issus du massif entre V et Ti, et négative entre Cu et Zr (fig.2)

En pratique il faudrait reprendre l'ensemble des résultats analytiques obtenus sur le massif pour pouvoir réellement exploiter d'une part la géochimie du massif, d'autre part la géochimie du secteur "nettoyée" des massifs typiquement étrangers. Les corrélations significatives pourraient alors être exploitées pleinement avec l'objectif fondamental d'essayer de définir les associations caractéristiques et avec un sens pratique pour préciser les seuils d'anomalies vraies pour les différentes unités lithologiques et les paragenèses minérales probables.

Nous envisagerons maintenant les anomalies décelées dans l'ensemble de la prospection du secteur, la part du massif de Sotouboua-Djabatouré dans ces anomalies et enfin nous définirons les anomalies étrangères au massif.

LES ANOMALIES DE LA PROSPECTION GEOCHIMIQUE STREAMS-SEDIMENTS DU SECTEUR SOTOUBOUA ET LE ROLE DU MASSIF DANS CES ANOMALIES.

Les données statistiques de LASSERRE permettent de fixer l'ordre de grandeur des anomalies dans un milieu certes dilué mais sans recouvrement allogène excessif. Nous prendrons comme seuil d'anomalie la valeur déterminée par la moyenne (\bar{m}) et l'écart type (σ) telle que $A = \bar{m} + 2\sigma$, les valeurs supérieures à A sont considérées comme anomaliques.

Les valeurs anomaliques prises en compte sont précisées dans le tableau 5 : moyenne (\bar{m}), valeur d'anomalie (A), effectif anomalique sur 492 (n1), effectif situé dans les streams du massif de Sotouboua (n2), % des anomalies situées dans le massif (%).

Tableau 5 : Les anomalies du secteur Sotouboua et la place du massif dans ces anomalies.

	\bar{m}	A	n1	n2	%
P	279	590	21	1	5
B	30	87	20	0	0
V	92	177	23	7	30
Cr	123	323	34	30	88
Co	17	46	39	29	74
Ni	47	160	36	33	92
Cu	35	89	23	15	65
Zn	53	129	21	11	52
Sr	87	229	17	0	0
Zr	471	997	20	0	0
Ba	384	795	11	0	0
W	2	9	29	0	0
Bi	11	20	25	8	32
Pb	14	25	25	1	4

On remarque que la présence du massif explique plus de la moitié des anomalies Cr, Co, Ni, Cu et Zn et pour 1/3 les anomalies V et Bi. Il est probable qu'en intégrant les échantillons situés dans la mouvance du massif d'Afoulayo on aurait accentué davantage la part de Cr, Co, Ni, Cu, Zn dans les anomalies régionales liées aux massifs de chimisme basique.

En fait ces anomalies régionales liées à la présence de roches particulières dans le secteur étudié, apparaissent plus comme des anomalies lithologiques que comme des anomalies vraies porteuses d'espoir de minéralisation. De plus les teneurs restent relativement faibles et on peut difficilement envisager la présence notable de minerai de ces éléments dans les stream-sediments.

Par contre les anomalies en \mathcal{P} , B, Sr, Zr, Ba, W et Pb sont totalement étrangères au massif ce qui est normal si on considère qu'il s'agit d'un massif gabbroïque.

Nous regarderons maintenant quelques associations anormales et les conclusions que l'on peut en tirer.

ETUDE DES ANOMALIES

1 - Les anomalies Cr - Ni - Co

La plupart des anomalies "régionales" en ces éléments est liée au massif de Sotouboua-Djabatouré ainsi que le montre le tableau 5.

Cependant on peut exclure, d'après les valeurs analytiques, l'accès direct à une éventuelle minéralisation : d'une part ce n'est pas l'objet de la méthode de prospection, d'autre part la valeur des anomalies est plutôt un indicateur lithologique.

D'après les observations pétrographiques de LASSERRE-MATHEUS et SEDDOH-MENOT, le massif est typiquement gabbroïque dans ses termes les plus basiques.

D'après les streams-sédiments, où la dilution des teneurs est la règle, les valeurs moyennes en Cr-Ni-Co laissent croire à la possibilité de termes plus basiques donc ultrabasiques.

2 - Les anomalies en cuivre

Nous avons vu que les affinités du cuivre avec les éléments caractéristiques du massif disparaissent dès que l'on ne prend en compte que les streams-sédiments issus du massif.

Cependant le tableau 5 montre que la majorité des échantillons riches en cuivre se trouve associée au massif.

En ne regardant que les 23 anomalies "cuivre" (>89 ppm) on constate qu'elles sont associées principalement aux anomalies en Ni, Cr, Co et Zn mais aussi aux anomalies en vanadium et bismuth. Ainsi dans le tableau 6 les différentes associations anomaliques ont été précisées en séparant ce qui provient du massif (15 cas) de ce qui lui est étranger (8 cas).

Il apparaît nettement la possibilité d'avoir 2 types de minéralisations cuprifères, même s'il n'est pas question d'objectif minier raisonnable :

- soit une association de type ultrabasique : Cu-Cr-Co-Ni-Zn (V)
- soit une association de type hydrothermal : Cu-Zn-V-Bi.

On peut également préciser que les anomalies en cuivre ne sont jamais anomaliques en B, Ba, Sr et Zr.

Tableau 6 - Les anomalies associées aux anomalies Cu

		Cr	Co	Ni	Zn	V	Bi
ensemble du secteur	23	13	13	16	11	9	4
massif	15	11	11	15	7	4	0
hors massif	8	2	2	1	4	5	4

3 - Les anomalies situées hors du massif

Les principales anomalies décelées par la prospection de LASSERRE et MATHEUS sont d'une part de faibles anomalies groupées en tungstème à l'Est d'Adjengré et d'autre part d'assez fortes anomalies dispersées en baryum.

a) Les anomalies en tungstène

29 points sont supérieurs à 9 ppm adopté comme seuil d'anomalie. Tous ces points sont situés hors du massif de Djabatouré-Sotouboua.

16 de ces anomalies sont exclusives en W

13 sont associées à des anomalies en un autre ou plusieurs autres éléments (La dans 5 cas, Sr et B dans 4 cas, Li, Y et Pb dans 3 cas). Dans ces associations on serait en droit de rechercher d'éventuelles liaisons avec les anomalies en U décelées dans la région et qui sont parmi les anomalies les plus intenses découvertes au Togo.

b) - Les anomalies en Ba et Sr

A priori de moindre intérêt, car dispersées, les anomalies en Ba et Sr présentent les caractéristiques suivantes :

on relève 11 points anomaliques en Ba et 17 points en Sr, avec une association de ces deux éléments en 6 points.

On observe aussi que les associations géochimiques du Sr sont plus larges que celles du Ba, en particulier avec La, Bi, W et V.

CONCLUSION

De cette relecture d'un rapport particulièrement bien rédigé, présentant des résultats complets, des calculs élaborés *on peut être amené à isoler certains points, certains faits qui disparaissent dans l'ensemble ou qui sont masqués par les techniques utilisées.*

On a pu souligner *l'originalité de la composition des stream-sédiments issus du massif de Sotouboua* par rapport au secteur encaissant et les faits qui méritent une attention particulière. Il faut rappeler aussi que la taille d'une population, son homogénéité doivent être des notions toujours mises en avant. Il en découle une certaine *importance de l'échelle d'observation*. Nous avons vu aussi que les anomalies du secteur étudié par LASSERRE étaient en partie des anomalies lithologiques avec une forte responsabilité du massif de Sotouboua. En même temps on a pu suggérer que l'inventaire pétrographique de ce massif n'était pas terminé, qu'il y avait encore possibilité de mettre en évidence des termes ultrabasiques, de même qu'il a été possible de mettre en évidence une minéralogie tout à fait exceptionnelle.

Il découle de ces conclusions que l'étude du massif de Sotouboua ne fait que commencer aussi bien d'un point de vue fondamental que pratique. Les comparaisons avec les autres massifs auxquels on le rattache souvent restent à faire d'autant que l'on connaît très peu de choses fondamentales sur ces autres massifs : origine, position structurale, chronologie par rapport à l'environnement...

D'un point de vue d'application, le massif est certainement une unité intéressante en elle-même pour qu'il soit un objet à prospector, indépendamment de son environnement pétrographique et géochimique.

LE VOLCANISME POST-ATACORIEN DE SOKODE

LES OBSERVATIONS

On observe un ensemble de roches vertes, claires, très tectonisées bordées de talc caverneux, formant un affleurement bien repérable par photo aérienne.

Les roches ne semblent pas affectées par le métamorphisme des formations de l'Atacorien et recourent à l'emporte-pièce celui-ci, suivant une ellipse de 350 m de grand axe et 300 m de petit axe. Il s'agit certainement de *roches volcaniques* mais la composition primaire de celles-ci n'a pas été observée : les minéraux observés et déterminés sont presque tous des minéraux secondaires (amphibole, chlorite, talc, kaolinite) plus des minéraux particuliers prenant une assez grande place (magnétite, goethite, carbonate).

Cette formation se marque bien sur la carte aéromagnétique et a pu être précisée au sol par 1 200 m de layons magnétiques.

L'encaissant accuse la mise en place de ce matériel par diverses manifestations impliquant des migrations de matière : apparition d'une zone tectonisée à biotite, quartz, feldspath et carbonate, envahissement de talc dans les schistes chloriteux et sériciteux de l'Atacorien bordant le corps volcanique.

Signalons aussi que P. AFFATON reconnaît dans cette formation des roches proches de celles étudiées à Perma au Bénin.

LES MESURES

Grâce à la présence voisine d'une mission géophysique PNUD-BNRM, 3 layons de reconnaissance magnétique ont été implantés. Les résultats bruts des mesures et le plan de localisations sont joints.

On observe donc une forte anomalie magnétique (amplitude de l'ordre de 1000γ), attribuable au corps volcanique. La forme de l'anomalie reste à préciser.

QUELQUES OBJECTIFS A PRECISER

Tant du point de vue connaissance que du point de vue cible de recherche minière, ce site reste à explorer en lui même et par ce qu'il représente dans la région.

On peut distinguer différents arguments méritant d'être pris en compte :

- *L'abondance des formations talqueuses* autour de Sokodé N. SIMPARA en signale au nord de Sokodé, alors qu'il en existe plusieurs au sud (W Tchalo d'après les prospections de 1965, W. Tchalo 2 d'après mes observations).

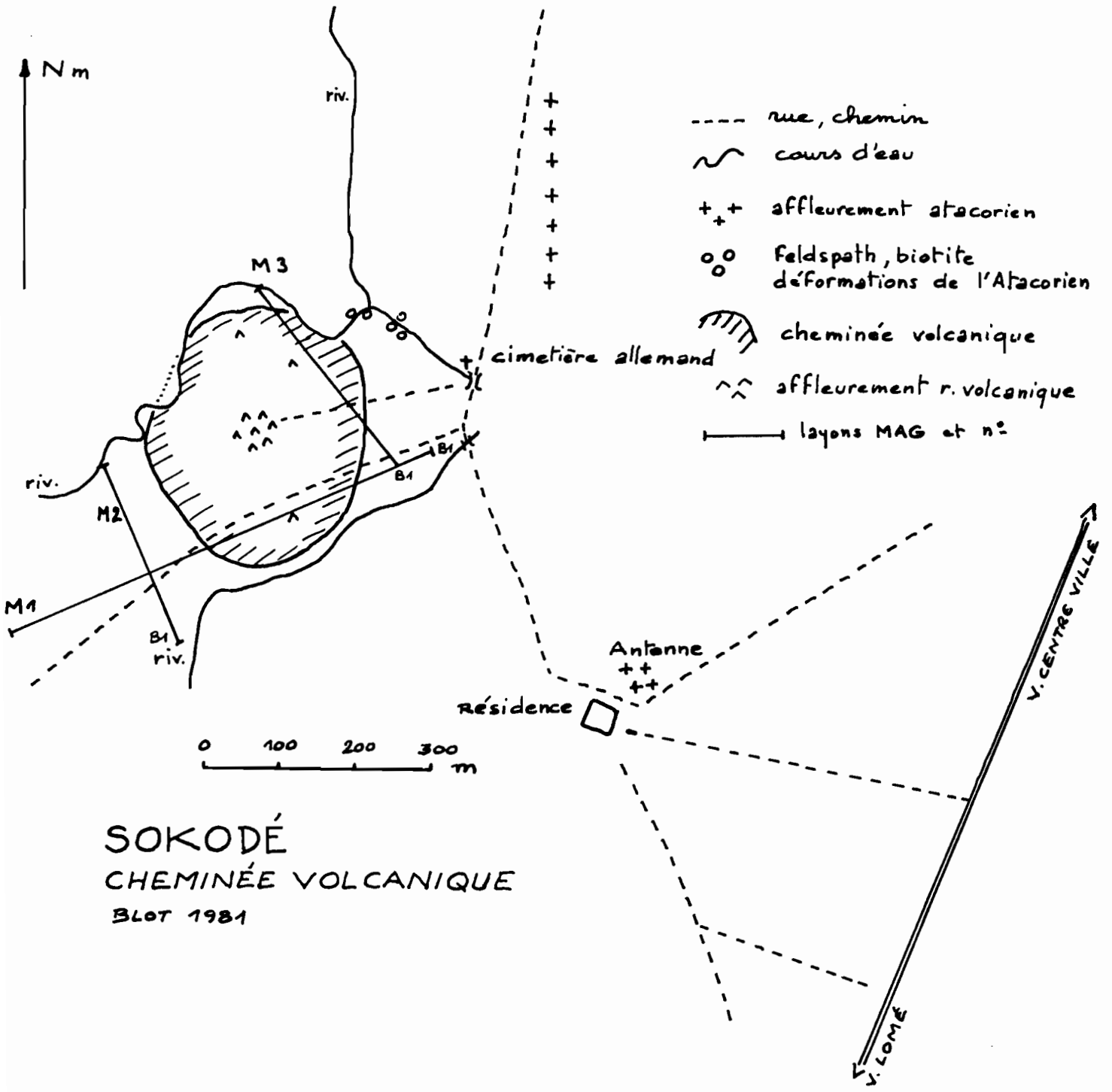
- La mise en évidence *d'anomalies magnétiques intenses* du sud de Sokodé d'après la prospection aéromagnétique.

- *La ressemblance avec les formations de Perma* au Bénin, où ces roches et leur encaissement sont minéralisées en or.

- L'importance théorique d'un *volcanisme tardif* et sa nature probable (déficiente en silice et carbonaté) peuvent être des arguments décisifs.

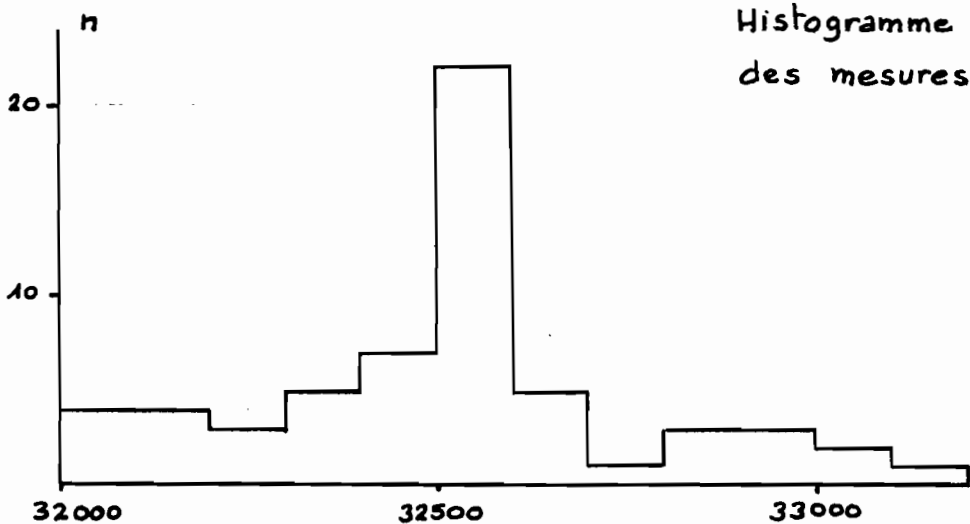
- Enfin l'expérience de nos confrères voltaïques montre qu'*il ne faut négliger aucune anomalie magnétique de petite dimension*: métadunite, minéralisation en Ni, Au et diamant.

- *Les travaux antérieurs* (PNUD-BNRM avec DEMPSTER, PETRASCHKE...) s'ils n'ont pas ouvert des perspectives devraient être *réinterprétés* en tenant compte des observations réalisées et à réaliser sur le site de Sokodé.

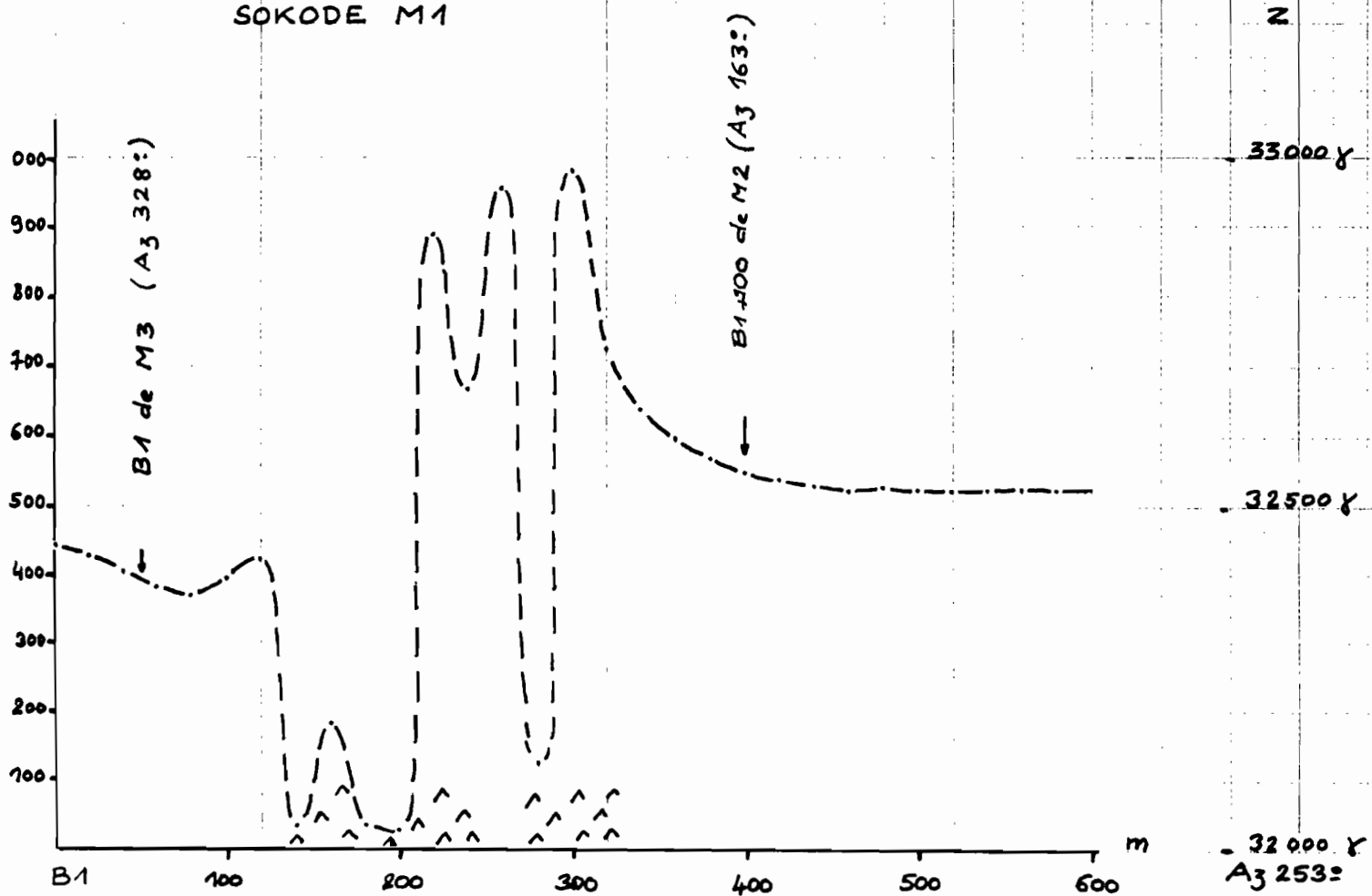


SOKODÉ
 CHEMINÉE VOLCANIQUE
 BLOT 1981

Histogramme de répartition
des mesures par tranche de 100 γ

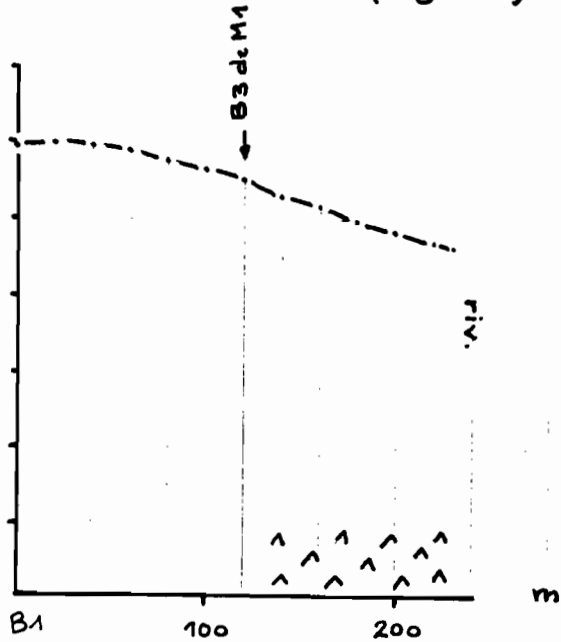


SOKODE M1

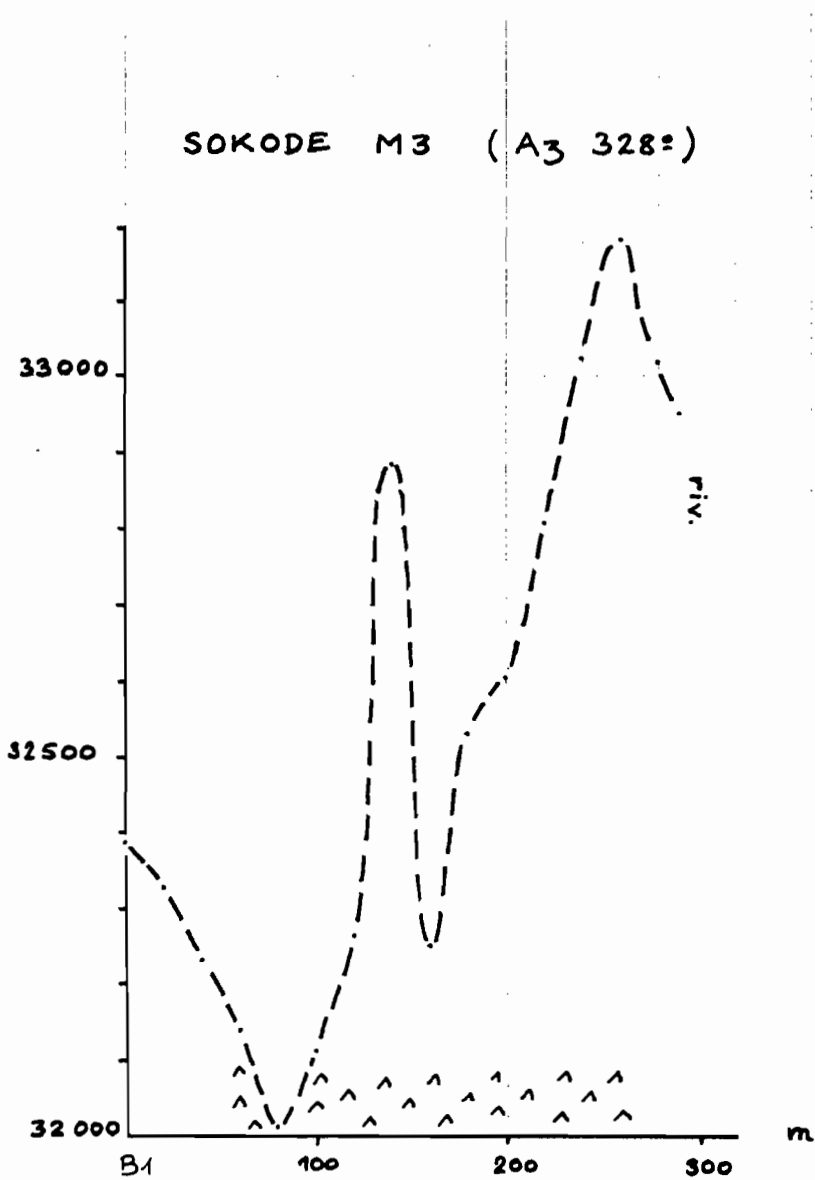


32000 γ
A3 253

SOKODE M 2 (A3 163°)



SOKODE M 3 (A3 328°)



LA SERIE DES GNEISS DE LA RIVIERE AOU

OBSERVATIONS

Les gneiss à 1 ou 2 micas, d'origine sédimentaire probable, ont une grande extension dans la région centrale entre Sokodé et Sotouboua : on les rencontre de Kaniamboua à Tchalo et en affleurements continus dans la rivière Aou, la rivière Na et leurs affluents. Une coupe assez complète pourrait être réalisée dans le lit de ces cours d'eau, elle n'a été établie que partiellement.

Cette série est assez monotone avec une suite de bancs de gneiss à 1 ou 2 micas, diversement micacés et des minéraux accessoires dont les principaux sont le grenat, la tourmaline et l'apatite (LASSERRE après une étude de lames minces définit cette unité comme paragneiss à muscovite, biotite, grenat et sillimanite).

Les bancs à amphibole semblent exceptionnels.

Le grenat est pratiquement absent de la base de la série et abondant à très abondant à l'E de la route nationale (cours de la rivière Aou). C'est un grenat rose observé altéré le plus souvent (chlorite entourant le grenat) et donc plus typique du sommet de la série.

Cette série est monotone par son orientation avec un pendage toujours faible (5 à 15°) oscillant le plus souvent vers le N, le N-E et l'E. Exceptionnellement on peut observer des ondulations décamétriques. A l'échelle du lit ou du banc, lorsque les micas sont abondants on observe un microplissement et des gaufrages. Ou encore la présence de grenats automorphes génère des plissements.

En plus des gneiss micacés en bancs monotones la série se caractérise par des "accidents" : LASSERRE cite la présence de quartzite, de serpentine, de gneiss d'origine ortho, d'amphibolite et de métagabbro.

Dans la rivière Aou, et dans ses affluents Kolonaboua et Kouloudoussi on a pu observer des pegmatites, des amphibolites et des filons de quartz sécants totalement ou partiellement (fig.) :

- Les pegmatites sont en "marches d'escalier" donc partiellement sécantes. Les minéraux sont le quartz, un feldspath et le plus souvent la biotite avec ou sans chlorite associée.

- L'amphibolite observée au confluent Kouloudoussi-Aou déforme les bancs de la série à la manière d'un emporte-pièce. Il s'agit vraisemblablement d'un volcanisme tardif.

- Les filons de quartz sont le plus souvent orientés E-W comme les principales diaclases de la série, ils recouperont franchement les bancs de la série. outre le quartz on observe des minéraux métalliques (pyrite, rutile ?).

D'autre part à l'W de la rivière Na, on observe cette série reposant normalement sur les quartzites de l'Atacorien. Ceci est un autre problème.

PROPOSITIONS ACTUELLES

Cette série actuellement écartelée par la seule carte géologique dont dispose le Togo devrait être définie avec plus de précision. Les bases en sont pour l'instant les quelques études de lames minces de LASSERRE et ses observations de terrain couvrant principalement le sommet de la série.

Il nous faut apprécier si son extension, son unité, sont des arguments suffisants pour l'individualiser; si ses limites avec les autres formations peuvent être des faits majeurs. Enfin il faut considérer les travaux effectués ailleurs dans le Dahomeyen pour apprécier les termes équivalents.

L'unité ? des gneiss à 1 ou 2 micas en partie à grenats contenant divers minéraux accessoires comme la tourmaline, l'apatite, le disthène.

Des gneiss d'origine sédimentaire


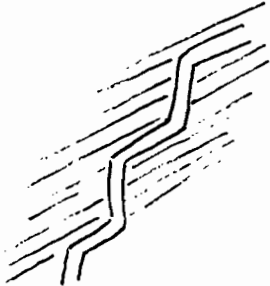

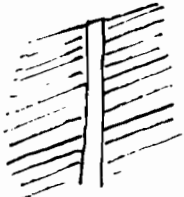
L'extension ? bordant les quartzites de l'Atacorien à l'W d'Akouta, de Lama-Tessi... l'extension latérale irait selon LASSERRE jusqu'à l'E de Titigbé et de Kedjebi.

Pour ma part je considère que cette formation est souvent bornée à l'E par des migmatites vers Déréboua, à Timbio par exemple. Ces migmatites n'apparaissent pas dans la cartographie de LASSERRE et cela pose quand même un problème. De même que la formation de Titigbé est incluse dans le même travail dans les gneiss d'origine sédimentaire.

Les limites par rapport aux gneiss d'Agbandi :

Cette formation est probablement l'équivalent des gneiss d'Agbandi de AICARD. Cependant entre les deux on observe une vaste zone de migmatites à l'E et au S-E du massif de Sotouboua-Djabatouré (Taboundé, Lama-Ouédé, Bodjondé).

CHRONOLOGIE DE LA SERIE DES GNEISS DE L'AOU

- 1 -  Matériau en bancs et lits de quartz + feldspath + micas + minéraux accessoires il y a probablement 2 générations de micas (taille et orientation différente)
- 2 -  Pegmatite déformée en marches d'escaliers
Quartz + feldspath + biotite (+ chlorite)
- 3 -  Amphibolite = volcanisme déformant la série
- 4 -  Filon de quartz recoupant la série

L'ALTERATION DES GNEISS DE L'AOU

Les problèmes d'alimentation en eau des principales localités situées sur cette formation m'ont incité à regarder de plus près *les répartitions des ressources en eau exploitées par les villageois* et donc à étudier la zone d'exploitation.

SITUATION GENERALE

La formation des gneiss de l'Aou est parcourue en ligne de crête par la route nationale de Kaniamboua à Tchalo. Les affleurements sont nombreux le long de cette route montrant l'absence d'une couverture d'altération conséquente généralisée. Certains sites dans cette formation vont à l'encontre de cette première approche avec une altération bien développée et évoluée : c'est le cas du site étudié d'Aouda (Kolonaboua des cartes).

L'ALTERATION DES ROCHES A AOUDA

Dans l'interfluve entre les affluents de la rivière Aou, Kolonaboua et Kouloudoussi, le site d'Aouda sur lequel est centré le village se présente comme la plus basse des collines de la formation des gneiss.

10 puits ont été creusés à partir du sommet de cette colline, formant une ligne d'étude de 500 m orientée environ N-S.

Les roches sont bien celles de la série de l'Aou avec des bancs et lits de gneiss à 1 ou 2 micas principalement orientés N-S avec un plongement d'environ 10° vers l'E. On retrouve dans les puits des manifestations quartzieuses et pegmatitiques qu'il faut revoir dans le contexte général de la série. Enfin on observe aussi du rutile dispersé dans les horizons superficiels et en surface ainsi que cela est observé ailleurs.

Les puits se caractérisent par des altérations plus puissantes que la profondeur d'investigation atteinte, très évoluées notamment au plan des

caractéristiques physiques (matériel très désengrené, se délitant à la main; fluage dans le fond de certains puits). Les altérations peuvent être transformantes avec effacement de la structure des roches et restructuration dominée par l'abondance des minéraux secondaires. On suppose que l'essentiel des minéraux du manteau d'altération sont outre les minéraux primaires résiduels, la kaolinite* et un mica (désagrégation mécanique des micas originels ? après transformation ? néogénèse à partir d'autres minéraux ?). Il est probable que les puits les plus bas contiennent quelques traces d'argiles gonflantes (petites fentes de retrait sur les tas d'extraction). Enfin le fer semble diffus dans les puits les plus hauts (bigarures, bariolages, rubéfaction) masqué dans les puits intermédiaires et exprimé en horizon dans les puits les plus bas.

L'eau a été atteinte dans les 10 puits et sa conductivité électrique mesurée; les eaux des puits du haut sont très peu minéralisées (puits 1 à 5), la charge minérale augmente alors au fur et à mesure que l'on descend la pente.

Cette systématité de la présence d'eau est à l'image de ce qui est observable dans la localité : nappe entre 4 et 7 m, eau généralement très peu minéralisée, nombreuses paillettes de micas en suspension.

PREMIERS ENSEIGNEMENTS ET EXTENSION DES OBSERVATIONS

1 - Tout d'abord on observe que les gneiss de la série de l'Aou ont une *excellente altérabilité* dans des conditions favorables. Sur les affleurements il est également difficile d'obtenir une roche saine. Donc l'altérabilité est la règle pour ces matériaux exposés aux contraintes exogènes.

2 - L'altération s'exprime par *arénisation* (cas des affleurements) par *argilification* (surtout kaolinite et micas) et par *accrualation d'oxyhydroxydes* de fer en certains sites.

* On a rencontré de la kaolinite "massive" dans un puits du village.

3 - On a observé en 3 points (à Aouda et Nima) que *l'accumulation du fer sous forme d'horizon d'oxy-hydroxydes est un fait de pente*. Ceci est net dans la chaîne des puits de Aouda, cela a nécessité l'emploi du marteau piqueur dans le périmètre d'aménagement maraîcher de Nima. Ceci est également net près de la rivière Kolonaboua.

4 - on observe aussi que la ligne de crête suit des affleurements rocheux sans altération évoluée. Ces deux observations permettent de proposer un schéma de répartition des roches et des altérations dans le paysage intégrant d'autres observations (à Akonta, Babadé, Adjengré, Kaniamboua...).

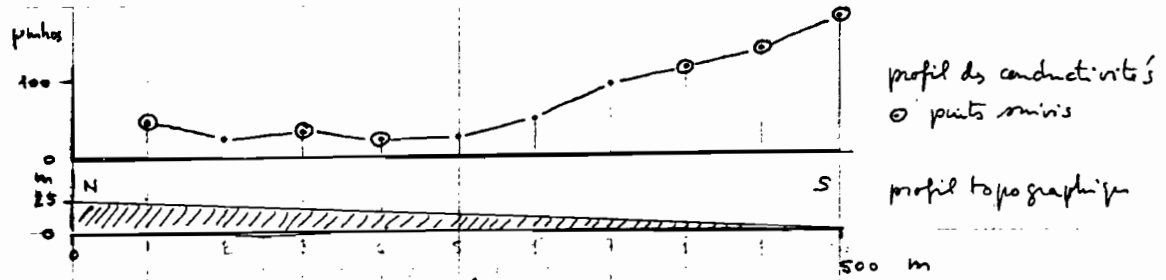
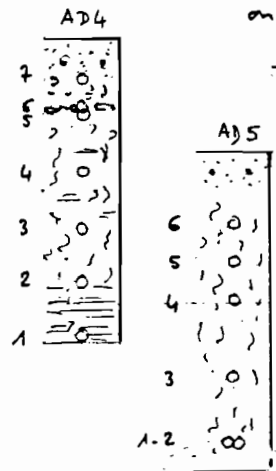
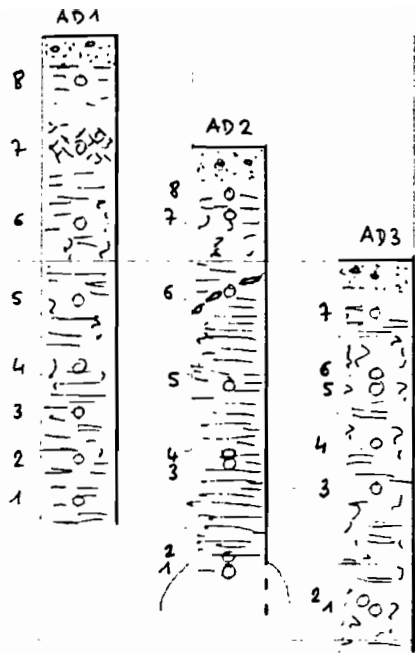
5 - *A profil d'altération différent, qualité des eaux différentes* : la mesure ici complète l'observation avec un gradient dans la charge minérale des eaux de surface.

ORIENTATION DES TRAVAUX

1 - Il y a maintenant à définir les différents matériaux qui composent le paysage : c'est un problème de laboratoire qu'il est, dans l'immédiat, impossible de résoudre à Lomé.

2 - Il y a à préciser davantage ce que représente l'altération en extension verticale. Ceci pourra être résolu par prospection géophysique et par sondage dans le cadre du projet PNUD - BNRM.

3 - Enfin il y a maintenant à étudier l'eau superficielle et peut être ses relations avec les eaux profondes (forages dans la même formation). C'est une entreprise de longue haleine car à première vue la qualité des eaux profondes varie peu au cours du cycle saisonnier, alors que les eaux de surface subissent qualitativement les fluctuations quantitatives des aquifères superficiels.

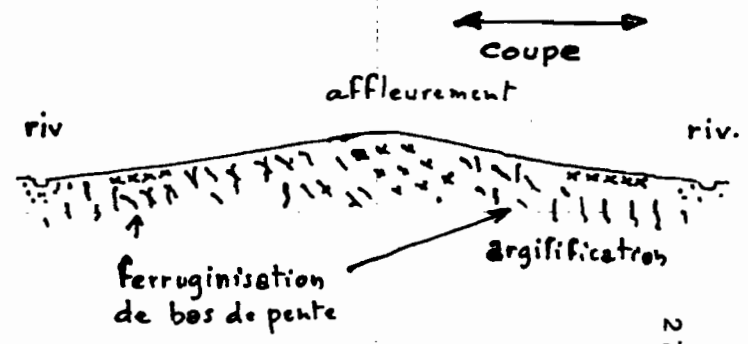


terrain dominant
ou caractéristique
effondrement

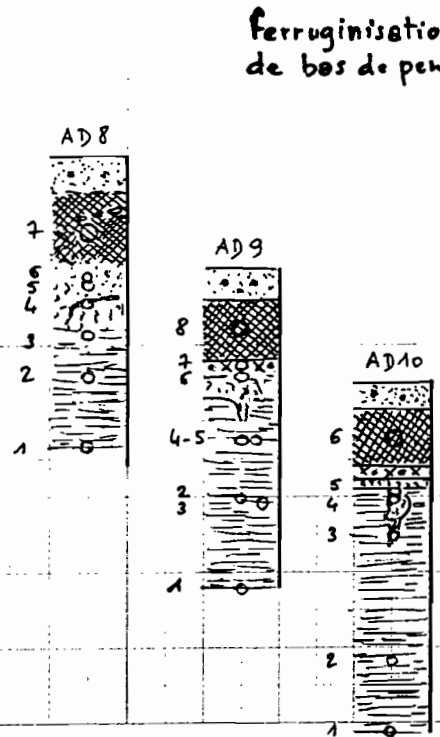
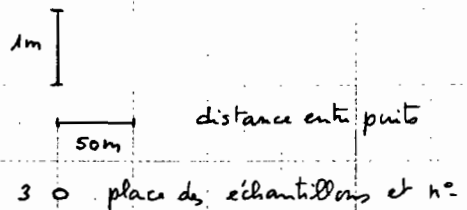
altérites *

argiles *

miné Fe *



AOU DA schémas des puits d'étude



LA FORMATION DE TITIGBE

Le schéma de la carte au 1/200.000 montre la localisation d'un ensemble de roches que nous avons regroupées sous le terme de "type Titigbé" ou "formation Titigbé".

Du nord au sud ces roches s'observent bien sur la piste Lama-Tessi - Sucral, à l'Est d'Aloukpaboundou, entre Aloukpaboundou et Timbio, à Timbio, à Titigbé, à l'Est de la piste Titigbé-Sotouboua et à l'Est de Kazaboua soit sur plus de 45 km.

Les roches ont toutes un "air de famille" qu'elles soient orientées ou non. Les minéraux sont souvent peu reconnaissables à l'oeil nu, en dehors des grenats roses. *La couleur d'ensemble sur affleurement est rose à jaunâtre sale avec un aspect grumeleux dû aux grenats.* Un trait caractéristique aussi est *l'importance des diaclases* découpant les affleurements suivant 3 directions au moins. On y trouve fréquemment des *pegmatites* et quelquefois des *filons sombres amphiboliques*.

L'ensemble paraît recuit et il semble que l'orientation observable en certains points s'efface totalement en d'autres points.

La minéralogie à l'oeil montre du quartz mais aussi des filons et placages siliceux des feldspath, des micas, de l'amphibole et des grenats roses (une détermination aux Rx montre qu'il s'agit du pyrope).

Cette formation a, de toute évidence, une certaine unité puisque l'on se réfère toujours aux observations effectuées à Titigbé.

La présence constante de grenat rose (pyrope) est à rapprocher de la présence de grenats roses dans les termes supérieurs des gneiss de l'Aou : est-ce l'équivalent de ces gneiss ?

L'extension actuellement reconnue autorise à considérer cette formation comme un élément essentiel de la géologie du Dahomeyen Togolais.

Il faut voir maintenant ce que sont ses relations avec les formations contigües et comment cette formation est-elle appréciée - éventuellement - dans les pays limitrophes.

1/200 000

Esquisse géologique et de situation

30

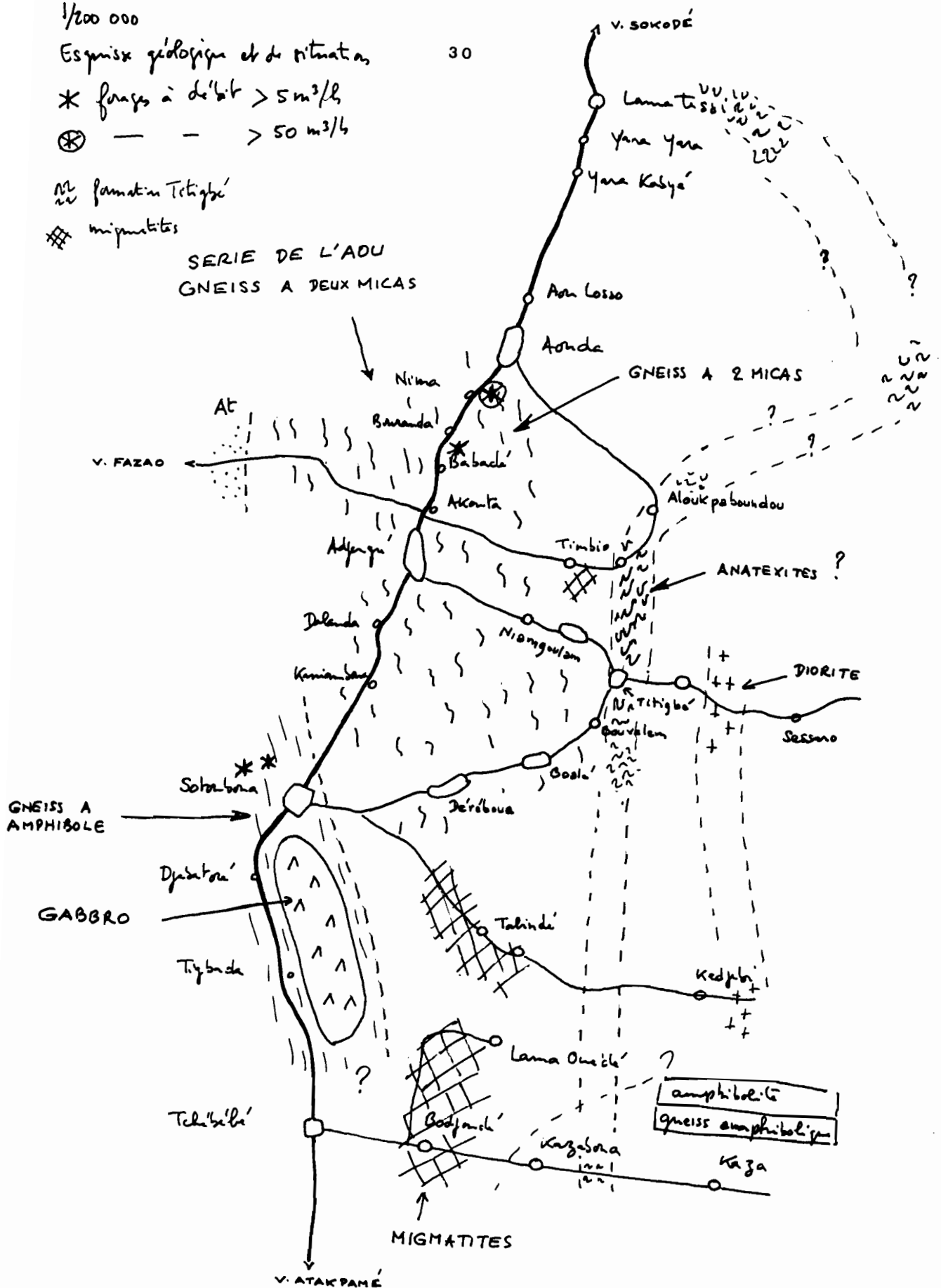
* forages à débit > 5 m³/h

⊗ — — — > 50 m³/h

⊗ formation Tichtigbi

⊗ migmatites

SERIE DE L'ADU
GNEISS A DEUX MICAS



2 - Du Dahomeyen à l'Atacorien : piste d'Agouamato

Km

- 0 Route nationale entre les rivières Na et Kassena itinéraire vers le N-W
- 0,6 village
- 3,6 long affleurement plat recoupant la piste gneiss à muscovite N 25 15 à 20° - E quartz en lentille suivant le schistosité
- 3,7 colline à gauche de la piste : suite d'affleurements de gneiss puis de quartzite du S-W vers le N-E

Orientation	Pendage		
42	18 E	gneiss	AB 151
58	19 E		
60	20 E	quartzite	AB 152
95	20 S		
110	37 S		
120	55 S	quartzite	153
140	65 N		

4,1 après une descente la piste remonte à nouveau avec des schistes quartzeux sur la gauche N 20 28°-E ech AB 154

4,4 les affleurements sont abondants de part et d'autre de la piste surtout quartzite montrant des plissements avec bourrage de quartz (voir photos)

2 mesures N 25 30°-E
N 110 18°-E

Commentaires : La limite entre le Dahomeyen et l'Atacorien se situerait entre les échantillons 151 et 152. Le Dahomeyen reposerait sur l'Atacorien. L'Atacorien semble intensément plissé et apparaît comme une série isoclinale.*

* Les mylonites ont été découvertes postérieurement à cette note

COUPE DE LA ROUTE LANGABOU-PAGALA

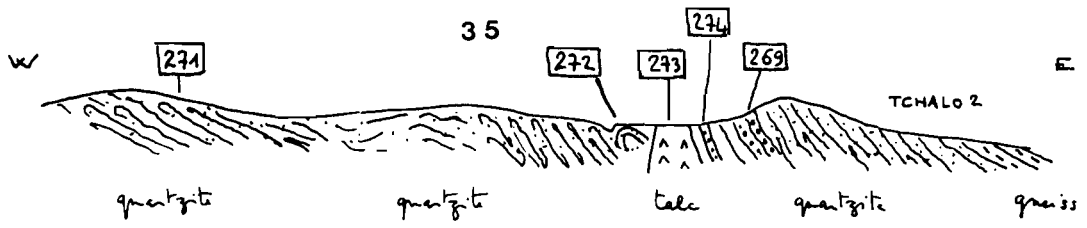
Km

- 0 Route nationale à Langabou
- 0,9-1,4 Importants affleurements de gneiss à biotite et muscovite (N 0 à N 45) avec passées amphiboliques et pegmatites à muscovite
- 3,2 Tranchée de la route montrant d'E en W :
 - gneiss avec pegmatite partiellement sécante (N 15 à N 20)
 - micaschiste avec quartz (concordant ?)
- 5-6 Carrière superficielle
 Micaschiste et quartz de 2 générations
 Direction (N 0 à N 20)
 Grenats
- 7,7 Puits sec de Kabyécopé : micaschiste altéré sans quartz
- 10,8 Micaschistes altérés avec des variations importantes de composition dans les altérites
 Cuirasse très puissante
 Fauchage du quartz
 Présence discrète de tourmaline
 Fantomes d'amphiboles
- 13,9 100 m après le pont d'E en W
 - gneiss et pegmatite
 - roche à disthène
 - amphibolite isotrope à grenats
 - roche à disthène.
- 14,7 Tranchée rouge avec quartz sans pegmatite
- 20,0 Tranchée dans les altérites et la cuirasse montrant les contacts de 3 terrains différents (schistes de compositions différentes ?)
- 20,7 Migmatite à biotite, amphibole et grenat en carrière
- 21 A l'entrée de la carrière le matériel est moins "fondu" et de couleur plus sombre
- 22,1 Voie de chemin de fer
- 23,2 Pont rivière Anié
 Migmatite à amphibole et grenat

- 26,2 Schistes quartzeux altérés
Couleur "lie de vin", bariolée
Avec ferruginisation par lit
Orientation N 0 85°-E
- 26,8 Quartzites
- 27,9 Quartzites très plissées
- 28,4 Quartzites N 175 70-75°-E
- 29,7 Pont rivière Okou
- 35,3 Micaschistes à grenats N 175 37°-E
Quartz boudiné
- 35,9 Schistes
Calcaire
Schistes graphiteux
- 36,7 Idem
- 38,9 Croisement permettant d'accéder à
- carrière SOTOMA
- carrière de cuirasse sur schistes

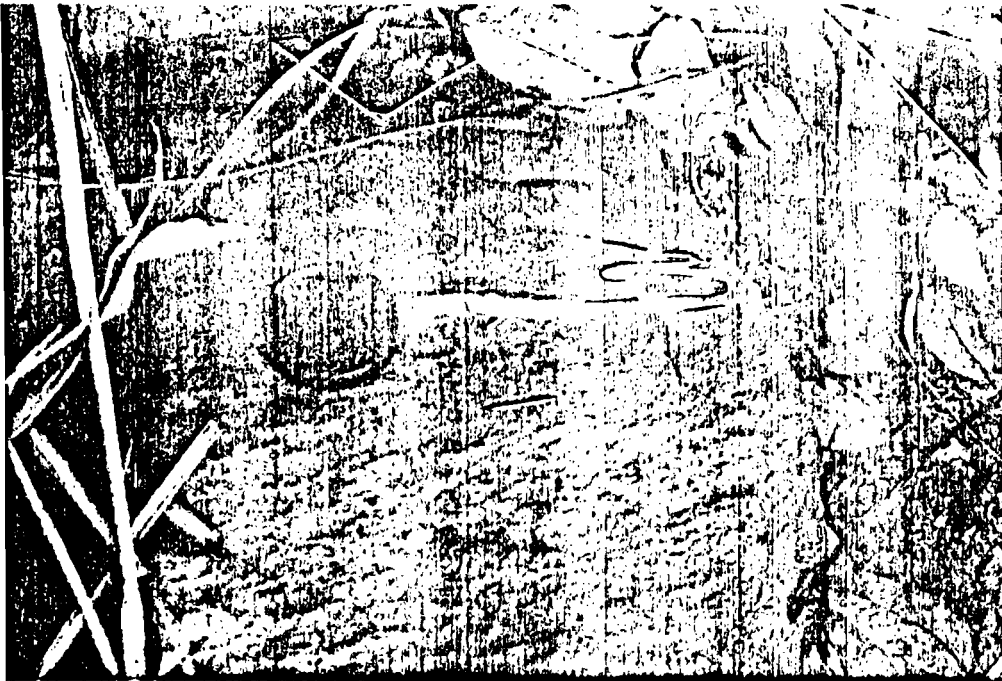
Commentaires

- *Présence de migmatite entre les gneiss d'Agbandi et l'Atacorien.* Ces migmatites sont probablement les mêmes que celles qui affleurent à Blitta.
- L'atacorien débute à l'W de la rivière Anié. Il est souvent très redressé et pend vers l'E. Il est très plissé. Il est très complexe dans sa composition lithologique.
- Signalons *ces curieuses cuirasses sur schistes* , qui ont servi à charger la nouvelle route et dans lesquelles je rechercherais volontiers des *métaux utiles* (Cu et Co en particulier).*



Coupe - A l'ouest de Tchalo 2

Piste d'Agouamato : plissements dans les quartzites



MINERALOGIE DU TOGO

Dans le cadre des recherches effectuées, certains minéraux, peu reconnaissables à l'oeil ou mal définis ont été déterminés dans des laboratoires français (ORSTOM, CNRA, Ecole des Mines de Paris). Les minéraux ainsi déterminés sont replacés ici dans leur localisation.

OBSERVATIONS

1 - Massif Kabyè

Épandage éluvial près d'Assizé - Voir schéma de localisation

Calcite (nodules calcaires)

Chromite (à vue), prismes de quartz limpide

+ aux Rx : disthène

édidote

zoïsite

tourmaline

Profils d'altération de Koukoudé - voir rapport GARBA

GARBA signale la détermination de kaolinite

smectite

gibbsite

Roche à talc de Kouméa - voir schéma de localisation

Actinote de grande taille

2 - Massif de Djabatouré-Sotouboua

Épandage éluvial du pied de la colline près de Tigbada - cf rapport antérieurs

corindon de grande taille

disthène

chlorite

quartz

édidote

zoïsite de grande taille
 muscovite
 lépidolite
 spessartine
 ilménite
 rutile
 hypersthène
 microcline
 chromite (à vue)

3 - Formation de Titigbé

Affleurement à l'E de Aloukpaboundou

pyrope

4 - Volcanisme de Sokodé

En roche et en aluvions sur la butte et au pied

talc
 serpentine
 chlorite
 magnétite octaédrique
 goethite cubique
 amphibole (à vue)
 carbonate (à vue)

5 - Mont Agou

Avédjé

Cu natif (à vue)

Mont Agou

rutile dans les gneiss (à vue)

6 - Gneiss de l'Aou

tourmaline (à vue)
 grenat (à vue)
 apatite (à vue)

7 - Forages PNUD - BNRM

Anié CEG

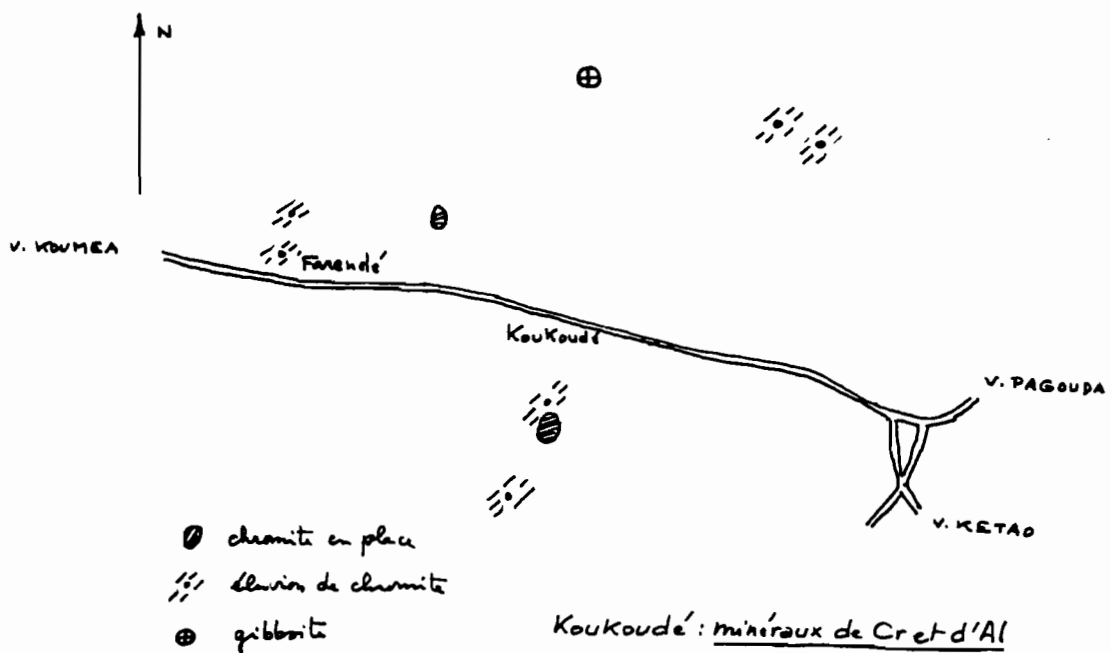
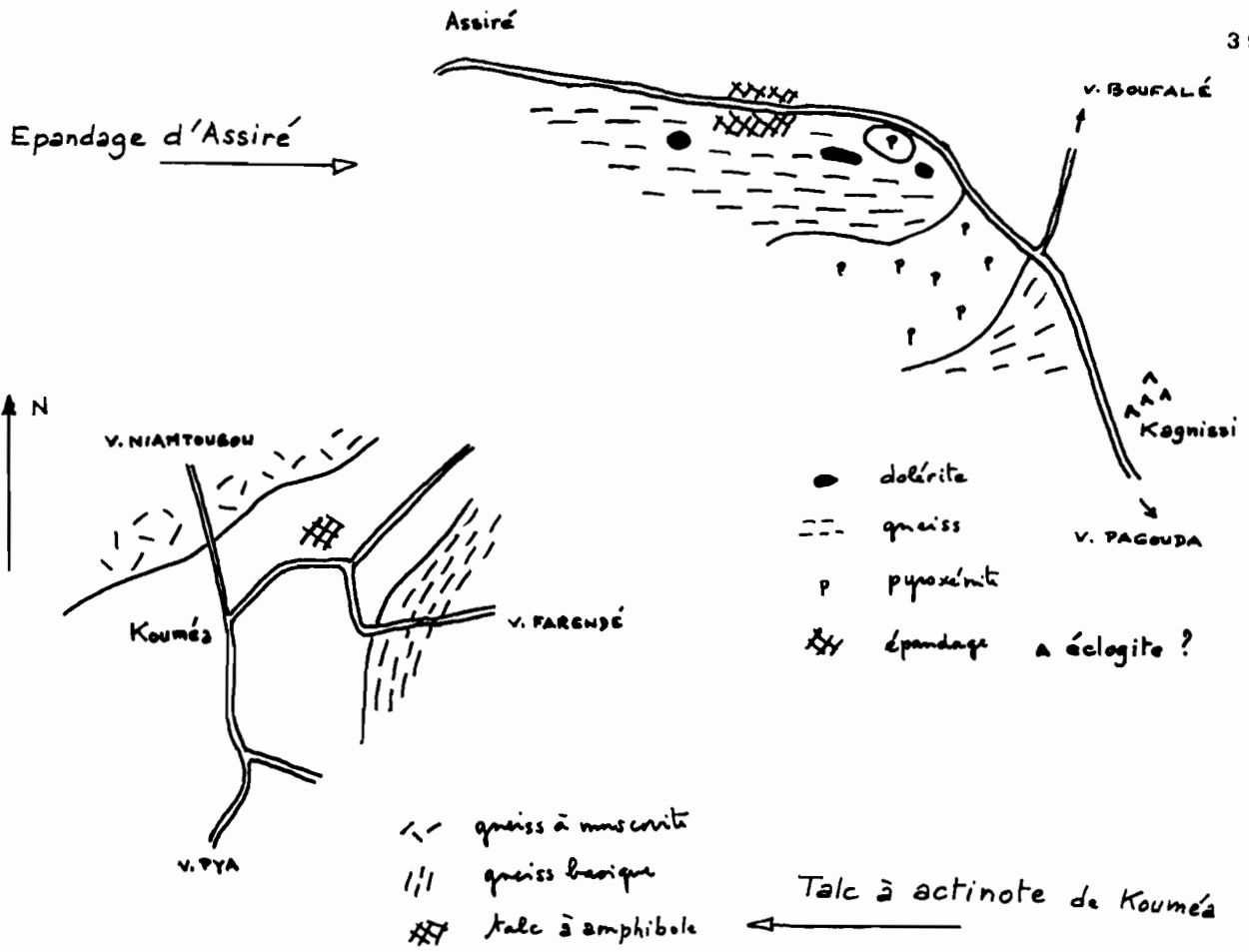
calcite (à vue)

Blakpa

trémolite

PROPOSITIONS

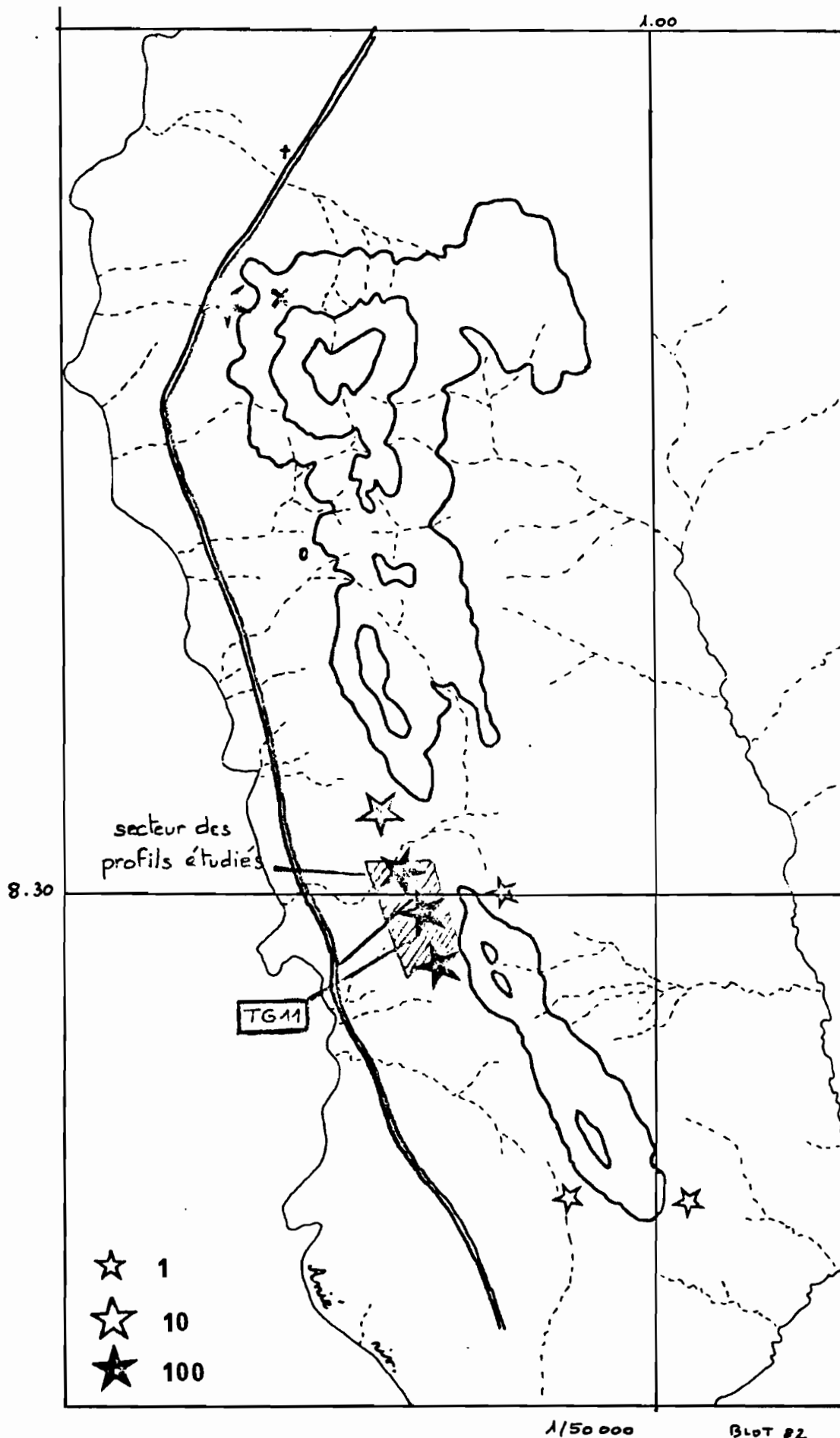
La richesse minéralogique du Togo n'est pas assez connue. Il serait souhaitable de faire le point des connaissances actuelles par compilation, de prévoir une forme de *conserveation* des espèces minérales rencontrées (musée, collection) et d'envisager un *inventaire* aussi exhaustif que possible avec la cible "grand public" d'une part, et la cible "spécialiste" d'autre part. Il s'agit de rendre populaire les investigations dans les sciences de la terre et d'orienter l'étude de la répartition et de la signification des différents minéraux.



(croquis au 1/50000 d'après S. GARBA)

Minéraux particuliers du massif de Sotouboua

Coordon 1 à 100 (abondance) x chromite
disthène dans profil TG11 + opesantine
zoisite, épidote, chlorite, rutile ...



TG 11

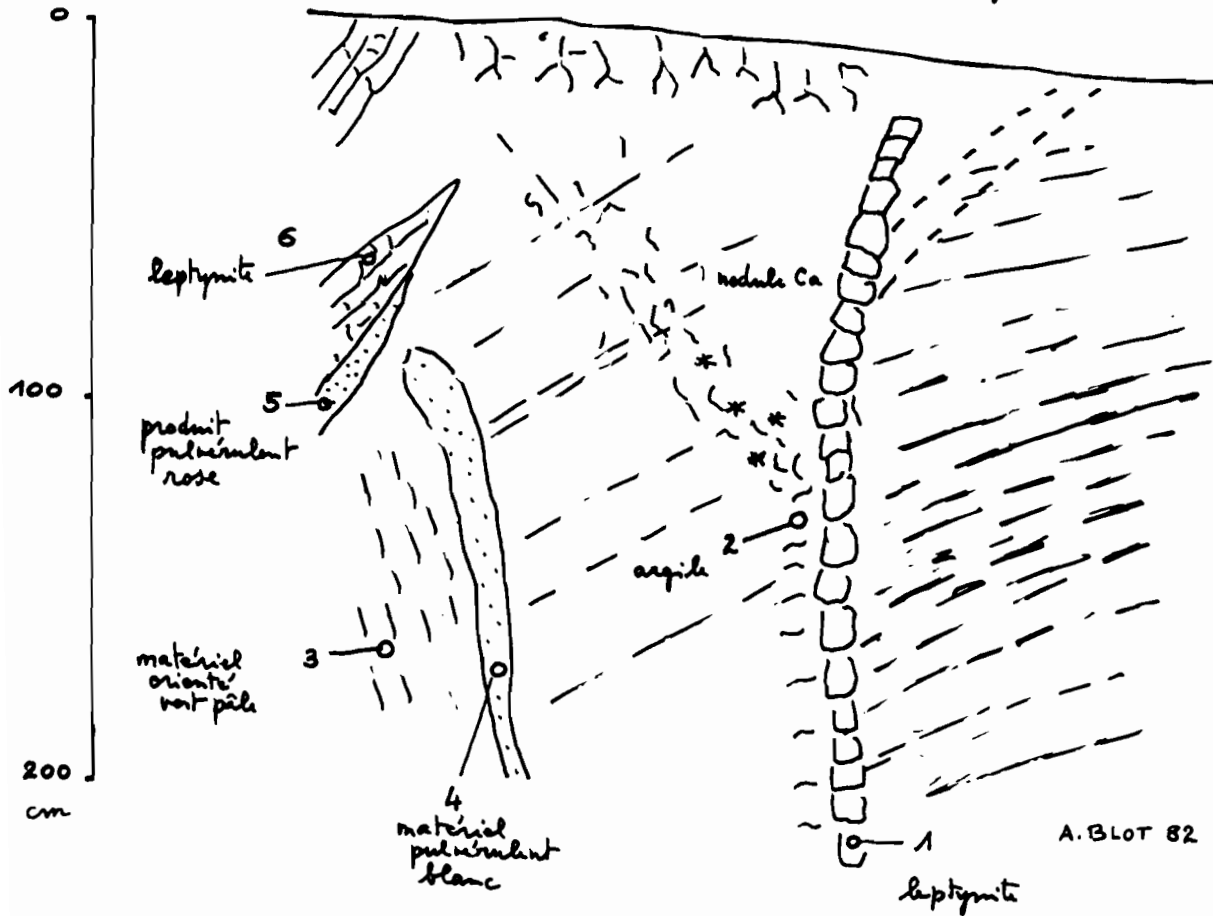
41

leptynite

leptynite à disthène
et grenat

E

W



LES INDICES MIS EN EVIDENCE AU COURS DES TRAVAUX

Différents types d'indices minéralogiques ou autres ont été mis en évidence au cours des itinéraires effectués au Togo. Ils seront classés ici suivant le découpage administratif.

REPARTITION DES OBSERVATIONS

1 - Région Kara (voir rapport de S. GARBA)

A - chromite : 2 nouvelles lentilles près de Farendé et de Koukoudé

B - formations cuirassées : *anomalies géochimiques en Fe, Al, Cr, Ni, Co et Cu*

- Analyse de certaines informations jointe -

2 - Région Centrale

B - minéraux lourds du massif de Sotouboua - Djabatouré :

- corindon, disthène, chromite, rutile, zoïsite, épidote, spessartine.

- grande extention du corindon (échantillons remis au B N R M)

- schéma de répartition joint -

D - volcanisme post-atacorien de Sokodé

- analyse des informations et problèmes jointe -

E - quartz à minéraux métalliques de la rivière Kolonaboua (échantillons remis au B N R M)

F - quartz à rutile entre Kazaboua et Lama Ouédé

G - talc à sulfures (pyrite) Sucral Mono

3 - Région des Plateaux

H - Cu natif à Avédjé près du mont Agou

I - Le rutile se rencontre un peu partout soit dans la bordure de l'atacorien (Agouamato, W. Tchalo) soit dans le Dahomeyen (Mont Agou, autour d'Atakpamé, entre Langabou et Pagala, sur les bords de l'Aou...)

- carte schématique de la répartition observée lors de mes itinéraires -

INDICES MINÉRALOGIQUES ET GEOCHIMIQUES

- A - Chromite de Farendé et Koukoudé
cf le rapport de terrain de S. GARBA

La carte schématique jointe ici situe les 2 nouveaux indices de chromite et les éluvions riches en chromite observés par S. GARBA.

Dans le cadre de ce travail les roches encaissantes de la chromite ont été analysées et figurent sur le tableau 1 joint. La pauvreté de ces pyroxénites en alumine, associée à leur richesse en Cr, Ni, Co permet d'envisager une origine ultrabasique. Par conséquent toutes les pyroxénites ne sont pas de même origine (cf les analyses effectuées par P. AICARD).

- B - Anomalies géochimiques dans des cuirasses et altérites du pays Kabyè (Farendé - Koukoudé)

La localisation des échantillons analysés dans le cadre des travaux de S. GARBA est précisée sur le schéma au 1/50 000 joint. Il faut se reporter au rapport de S. GARBA pour placer ces formations dans leur contexte.

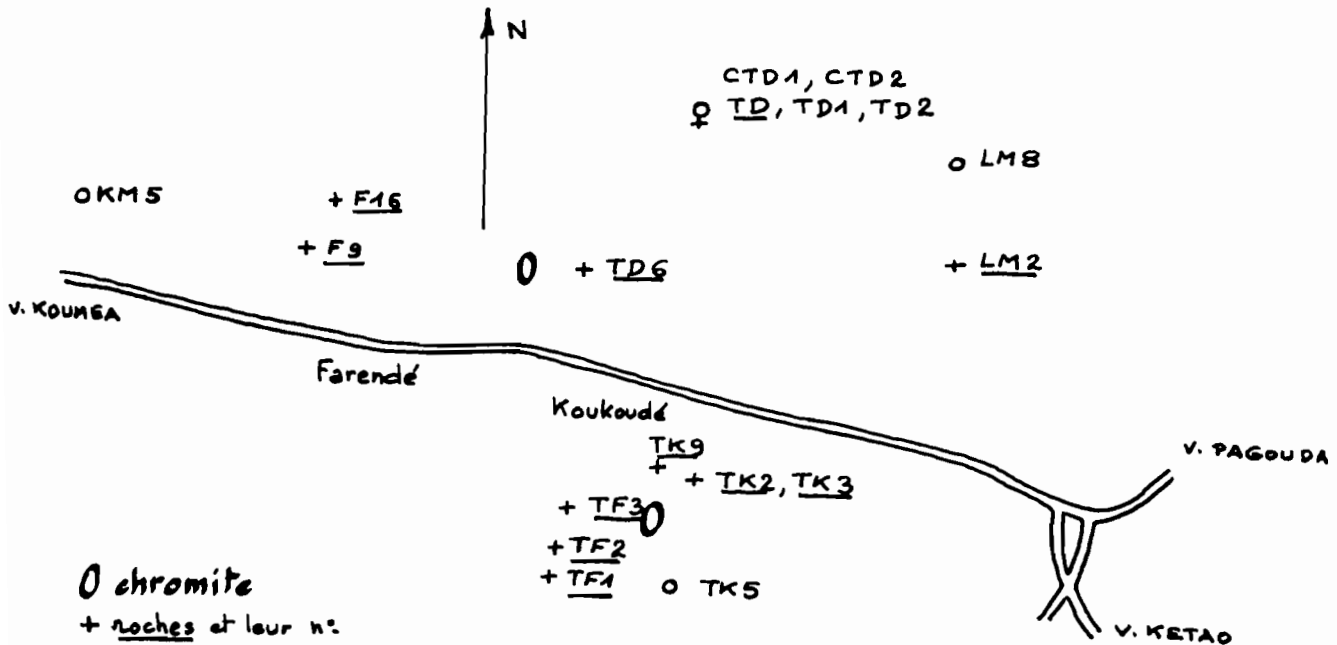
La composition des matériaux analysés est donnée dans le tableau 2. On observera que l'analyse des échantillons TK5 et LM8 est imparfaite malgré une répétition. Les analyses ont été effectuées au CRPG-CNRS de Nancy (France). On observe les enrichissements utiles suivants :

- **En alumine** (TD1 et TD2) qui sont des altérites indurées par bancs entre des gneiss frais à amphibole. En même temps il y a enrichissement en **Ti, Ni et Co**.

- **En fer** 5 échantillons sont très enrichis en fer dont CTD1 et CTD2 présentés comme ayant un faciès bauxitique. Deux types complémentaires d'enrichissement sont à noter :

- **cuivre** associé (KM 5, CTD 1 et CTD 2)
- **chrome et manganèse** associés (TK 5 et LM 8)

Le chrome peut être ici sous forme de chromite, les éluvions voisins étant fort riches en ce minéral.



Echelle 1/50000

PLAN DE SITUATION DES ECHANTILLONS ANALYSES d'après le rapport de S. GARBA

Tableau 1 - Les pyroxénites chromifères du secteur Koukoudé - Farendé

a) éléments majeurs en %

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P.F.	P ₂ O ₅	
TK2	52,57	2,63	12,30	0,23	27,32	3,63	0,05	0,06	0,22	-0,04	tr	98,97
TK3	52,37	2,38	7,77	0,17	19,31	15,84	0,33	0,05	0,27	0,32	tr	98,81
TD6	53,51	2,72	13,65	0,24	25,13	3,19	0,24	0,06	0,27	-0,32	tr	98,69

b) éléments traces en ppm

	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Sr	V	Rb
TK2	34	268	2 297	10	1 628	37	130	10
TK3	40	220	2 421	10	1 276	55	170	10
TD6	79	148	3 250	19	1 804	27	162	10

Tableau 2 - Matériaux cuirassés du secteur Koukoudé-Farendé

a) éléments majeurs en %

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P.F.	P ₂ O ₅	Total	
TD2	27,32	33,48	15,78	0,19	1,91	1,11	tr	0,15	2,15	16,80	0,27	99,16
TD1	31,65	24,44	26,06	0,45	0,03	tr	tr	0,11	1,25	15,09	0,04	99,09
KM5	17,63	17,04	49,09	0,21	0,08	tr	tr	0,08	1,94	13,28	0,19	99,54
CTD2	11,00	12,43	60,22	0,03	tr	tr	tr	0,01	0,52	14,08	0,68	98,97
CTD1	15,12	14,82	54,96	0,10	0,03	tr	0,01	0,05	1,01	13,34	0,42	99,86
TK5	10,96	12,35	47,79	2,11	0,23	tr	0,03	0,21	0,55	15,31	0,17	89,71
LM8	12,11	12,52	48,64	2,09	0,32	0,01	0,01	0,10	0,82	14,65	0,15	91,42

b) éléments traces en ppm

	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Sr	V	Rb
TD2	145	263	296	77	1 402	43	282	10
TD1	237	882	121	110	112	31	366	13
KM5	120	321	841	407	227	39	385	16
CTD2	37	136	307	674	133	57	< 10	17
CTD1	78	157	367	277	134	49	336	14
TK5	466	< 10	6254	22	26	< 10	315	19
LM8	552	137	6796	10	86	87	416	24

I - Le rutile

Le rutile est un minéral commun dans l'ensemble du Togo. On le rencontre aussi bien dans l'Atacorien que dans le Dahomeyen.

J'ai noté sur un schéma au 1/500 000 les points où j'ai rencontré ce minéral soit en roche, soit en éluvions, au cours de différents itinéraires.

D'autre part en regardant de près les analyses géochimiques de LASSERRE, on constate que les "streams-sediments" sont souvent riches en titane. Par exemple la moyenne des 4 secteurs prospectés est de 0,7 % pour Atigbé (n = 302), 1,05 % pour Sotouboua (n = 492), 1,25 % pour Kabagny (n = 332) et enfin 1,38 % pour Agbandi (n = 468). En étudiant les teneurs en titane du secteur Sotouboua on peut remarquer que 5 % des échantillons ont une teneur 2 % et 10 % ont Ti O₂ 1,6 %. Peut être faudrait-il dans l'immédiat étudier la répartition des fortes teneurs en Ti O₂ dans l'ensemble de ces 4 secteurs et voir s'il y a des relations caractéristiques avec les roches, les structures... En effet on ne doit pas perdre de vue qu'après une période d'excédent en 1976-1977, le marché est actuellement en pénurie d'une part à cause de la demande des utilisateurs et d'autre part à cause de l'accroissement des stocks stratégiques de Ti des USA. Le titane est considéré comme un métal d'avenir.

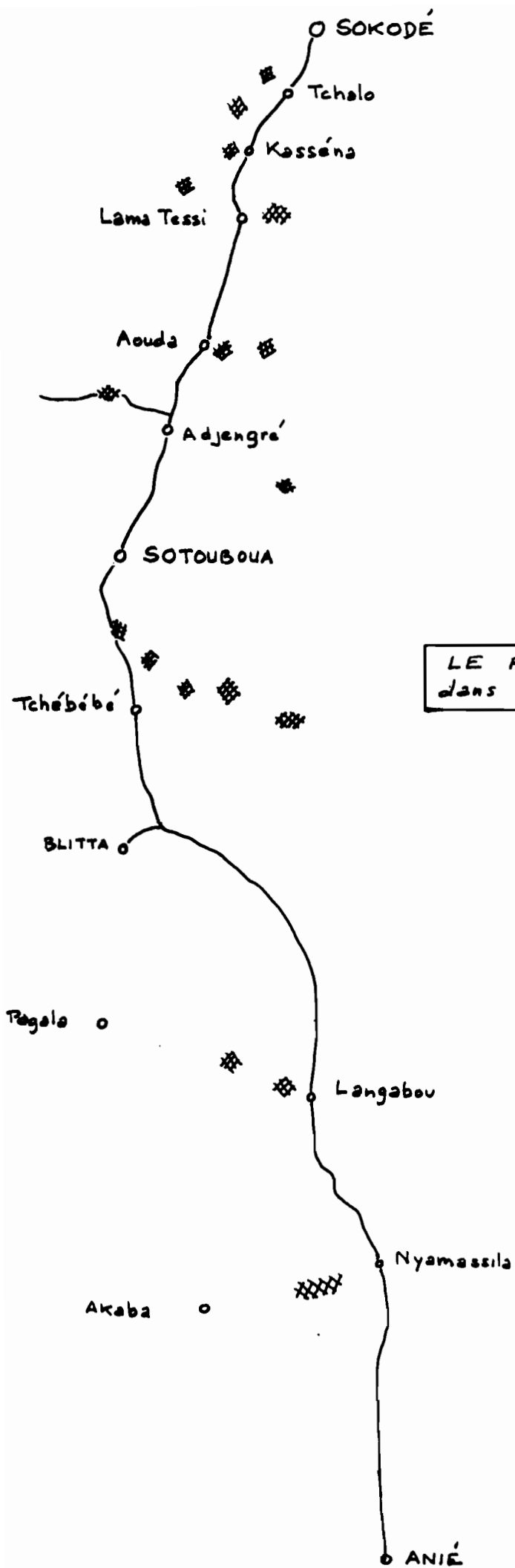
Parce qu'il y a de nombreux indices de rutile au Togo, par les dimensions modestes des exploitations nouvelles, peut-être serait-il opportun d'envisager activement la recherche du rutile au Togo ? Dans l'immédiat ce pourrait être un sujet de recherche à inscrire dans les tablettes du B N R M :

- ce que l'on connaît déjà des indices
- bibliographie sur les recherches menées ailleurs
- bibliographie sur les exploitations en activité ou en projet
- évaluation d'une stratégie de la recherche.

Deux exemples de gîte récemment cités dans une revue :

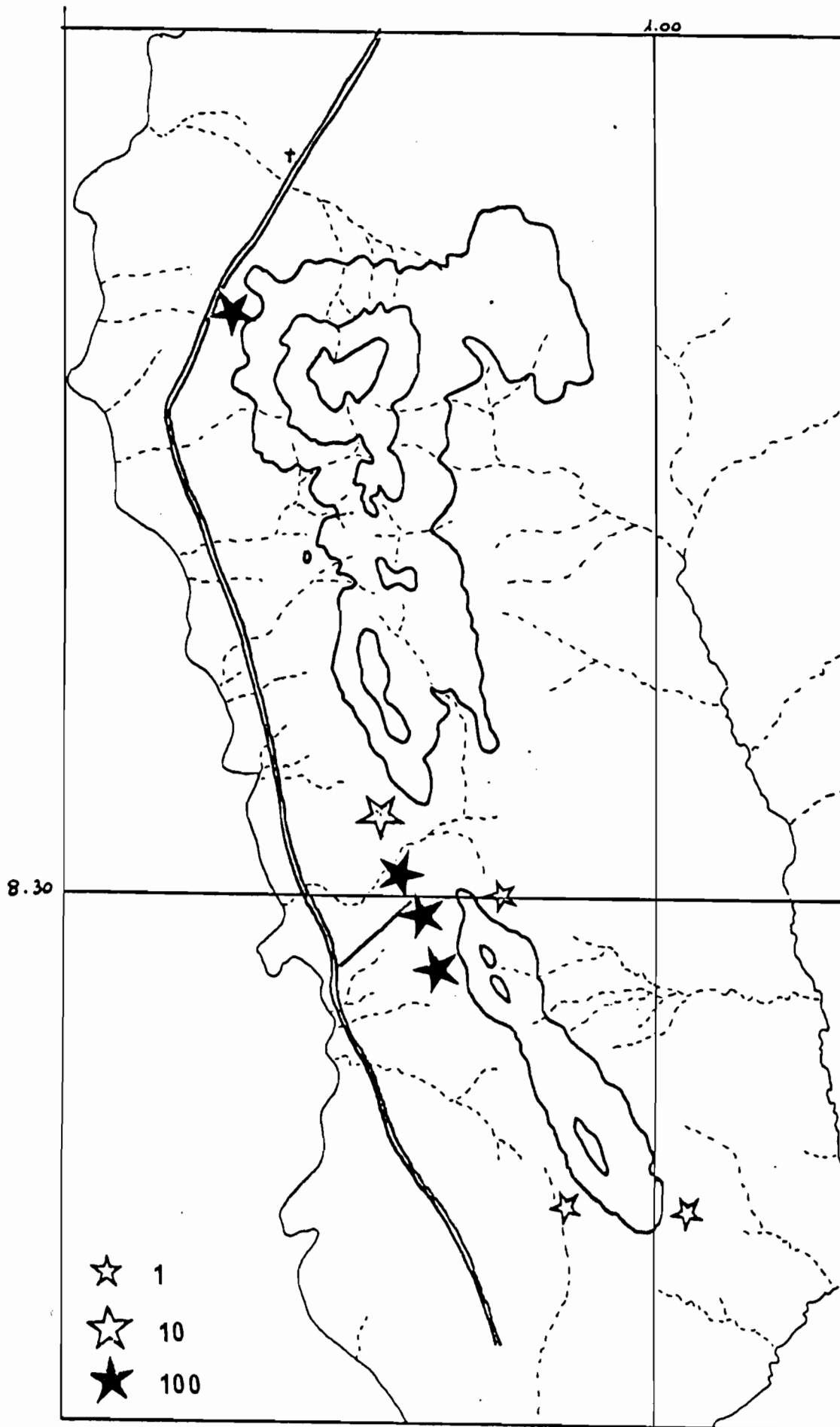
Leska Matala (Yougoslavie) 1 Mt de minerai

Mogbwemo (Sierra-Leone) 100 Mt de minerai à 1,8 % de Ti O₂.



c. Corindon éluvionnaire du Massif de Djabatouré

Abondance à vue 1- 1 à 2 minéraux 10- une dizaine
100- plusieurs dizaines à plusieurs centaines



ANALYSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE D'EAU DU 4ème FED DANS LA REGION CENTRALE SUD

D'après le rapport fourni par le BRGM, 31 forages ont été implantés dans 24 villages de la partie Sud de la région centrale dont 20 ont été équipés. On exclut ici le secteur Est-Mono, et on considère seulement les forages d'Atikpaï à Kasséna (cf schéma de situation joint).

Tout d'abord il faut souligner la minceur des informations fournies dans le rapport et le caractère approximatif de ces informations. On regardera successivement les renseignements qui peuvent être utilisés dans la détermination et la répartition des roches, dans l'importance et la nature des terrains superficiels et enfin dans les caractéristiques des aquifères explorés et exploités.

LES ROCHES

La détermination des roches par la technique de forage utilisée est très délicate et semble avoir été laissée à l'appréciation de techniciens peu formés. Les principales formations rencontrées sont les suivantes :

gneiss à 2 micas	}	25
gneiss à amphibole		
granito gneiss		11
migmatites		2
amphibolites		4
micaschistes		2

Certains forages révèlent 2 ou plusieurs de ces formations.

1 - Les gneiss

Définis dans 25 forages il s'agit surtout de *gneiss micacés* à 1 ou 2 micas. Ils sont fréquemment qualifiés d'origine "para" et représentent certainement les gneiss définis à Agbandi ou dans la rivière Aou. Accessoirement les gneiss à 2 micas contiennent de l'amphibole ou du grenat.

A côté de cette catégorie se trouvent des *gneiss* à *amphiboles* associant parfois la biotite, le muscovite, le grenat. Dans ces forages sont signalées aussi des amphibolites.

2 - Les granitogneiss et migmatites

On peut considérer que ces deux appellations recouvrent des objets identiques et qu'il s'agit de *migmatites*. Les minéraux les plus fréquemment observés outre le quartz et le feldspath sont les amphiboles et parfois les micas.

3 - Les micaschistes

Observés dans la partie Sud (Assouma Kodji et Langabou), ils sont associés à des migmatites et contiennent des micas et du grenat. Il est difficile d'apprécier s'il s'agit réellement de *micaschistes*.

4 - Les amphibolites

Apparaissent toujours en association d'autres roches, principalement avec les *gneiss* à amphibole.

En fait les forages permettent donc de caractériser 3 formations principales :

- Les *gneiss* à 2 micas
- Les *gneiss* à amphibole + amphibolites
- Les *migmatites*

On peut remarquer que si les *gneiss* peuvent prendre place, à la rigueur, dans les groupes d'Ofé et d'Agbandi, définis par AICARD, les migmatites (et granito-*gneiss*) sont une formation non encore définie dans la région considérée malgré sa grande extension. Ceci est en accord avec les observations de terrain où une grande partie de ce qui était attribué aux groupes d'Ofé et d'Agbandi devrait être détaché pour individualiser des unités de migmatites soit essentiellement micacées soit à amphibole et micas.

LES ALTERATIONS

Dans la majorité des 31 cas envisagés, le socle, considéré comme sain par le foreur, se situe *entre 15 et 25 m de profondeur*, ce qui semble exclure la présence de zones de fractures.

Dans leur ensemble *les altérations sont peu évoluées* : peu de coupes ont rencontré de puissantes formations superficielles "argileuses" ou "latéritiques". Si la plupart des descriptions signale un niveau superficiel coloré par des oxydes et hydroxydes de fer, celui-ci ne dépasse pas 1 à 2 m en général et n'est pas séparé du sol entre autre.

Sur les 31 forages, 9 présentent des altérations pouvant être qualifiées *d'argileuses* et 3 sont précisées comme étant *latéritiques* (Dalanda, Niamgoulam et Tchébébé F 3).

Cette absence d'altérations puissantes doit être soulignée; elle est conforme aux paysages rencontrés où le cuirassement est rarement puissant. Lorsque le cuirassement prend une place essentielle dans l'organisation du paysage il n'y a pas eu de forage à proximité.

Un autre aspect à regarder est la participation du manteau d'altération aux ressources en eau :

Dans les 31 forages *sur 113 venues d'eau recensées au forage*, 26 sont dans *les niveaux altérés*. Ces venues d'eau superficielles sont essentielles dans 5 forages : Aloukpaboundou, Taboundé, Bodjondé, Blitta-Losso et Assouma-Kodji, dont l'équipement aurait dû être remis en question : l'expérience a montré que les réserves étaient également superficielles avec tarissement rapide pour Aloukpaboundou par exemple.

RECHERCHE D'EAU

1 - Implantation

Les implantations des forages, à l'exception d'Adjengré, ont été décidées en fonction de *critères de photointerprétation* : l'argument essentiel en est le croisement de 2 ou 3 directions de linéaments et de ce fait les

forages sont surtout *guidés par le réseau hydrographique*. A de rares exceptions les forages sont donc à proximité des cours d'eau temporaires (sur 31 forages considérés, 22 sont à moins de 50 m de l'axe de drainage).

Le deuxième souci au moment de l'implantation était la proximité du village. Cette clause ne semble pas avoir été bien comprise puisque de nombreux travaux sont très excentrés par rapport au village et la proximité du marigot a été souvent privilégiée par rapport aux choix effectués par photointerprétation (croisement de linéaments, occupation du sol).

De plus les croquis de situation ne rendent pas bien compte de l'excentricité des forages par rapport aux habitations groupées : par exemple dans trois cas connus sur le terrain l'échelle du croquis de situation est totalement trompeuse puisqu'une petite partie seulement du village est représentée (à Titigbé le centre du village est à 3,5 km du forage, à Niamgoulam seule la partie E du village qui s'étend sur 4 km est figurée, à Déréboua le croquis ne figure aussi que l'extrémité N E d'un village s'étendant sur plus de 3 km).

2 - Qualité des eaux

L'accès direct à la qualité des eaux est assez difficile puisque aucune analyse n'a été effectuée. La seule mesure permettant une appréciation grossière est la mesure de la conductivité électrique (ou résistivité).

Pour les 20 forages équipés la résistivité va de 893 m à 5 969 avec une médiane à 2 680, recouvrant approximativement *une gamme de minéralisation de 100 à 750 mg/L*. Il s'agit donc d'eaux moyennement à faiblement chargées. Les moins chargées sont les eaux de Kasséna, Aloukpaboundou, Kaniamboua et Dalanda, les plus chargées celles de Déréboua, Fondah et Agbandi.

On peut aussi, "a priori", considérer qu'avec les moyens techniques utilisés (forage) les eaux superficielles sont douteuses dans la mise à la disposition d'eau potable. Dans cette optique il conviendrait de considérer comme suspecte toute eau superficielle hors fracture, c'est-à-dire qu'à mon sens il n'eut pas fallu équiper les forages d'Aloukpaboundou,

de Taboundé, de Bodjondé, de Blitta-Losso et d'Assouma-Kodji. En effet dans ces 5 forages une grosse partie de l'eau provient du manteau d'altération sans que l'on soit sûr de la non pollution de celle-ci. on verra plus loin que cette eau superficielle pose aussi le problème de la dimension de l'aquifère donc des réserves réellement disponibles. Dans le même ordre d'idée il me paraît assez risqué d'implanter les forages à proximité immédiate des cours d'eau. Laissons cela à l'approvisionnement traditionnel des villageois, les forages ne doivent pas être des "céanes". Un périmètre de protection autour de chaque axe de drainage devrait rendre suspect jusqu'à preuve du contraire tout ouvrage trop proche. Si on fixe à 60 m cette limite (correspondant aux profondeurs des forages), on constate que 22 forages sur 31 doivent être suspectés. Il y aurait dans l'avenir à définir ce périmètre de sécurité pour les forages.

Dans cette série de remarques sur la qualité recherchée dans les eaux d'alimentation j'ai l'impression de prendre à contrepied la démarche du Bureau d'Etude, mais faut-il faire en mieux - et plus cher - que l'alimentation en eau traditionnelle ou prendre des options nouvelles assurant en principe plus de sécurité hygiénique ?

3 - Quantité d'eau

Dans l'ensemble de la région Centre-Sud, les forages sont peu productifs et 20 d'entre eux ont été équipés, sur les 31 réalisés.

On peut apprécier le débit par la mesure effectuée au moment du forage et par le pompage effectué environ 15 jours plus tard. En règle générale il n'y a pas de dysharmonie entre les deux. Le seul cas réellement litigieux est le forage de Blitta-Losso où le foreur donne 4,5 m³/h, et, au pompage le mesureur donne 1,6 m³/h. La critique des informations apportées au pompage est nécessaire pour obtenir la limite acceptable à l'aménagement du forage.

Dans les essais on remarque les faits suivants :

- pompage de 2 heures
- jamais d'équilibre au cours du pompage
- établissement de la courbe de remontée en 2 heures.

Les débits sont donc appréciés dans une enveloppe maximale donnée comme débit possible. Ce "débit possible" pourrait être dans la plus grande partie des cas mieux ajusté au pompage réellement effectué, et surtout réajusté en diminution. Ceci est particulièrement important pour les forages à faible débit où se pose l'alternative entre l'abandon et l'équipement. Si l'avenir montrera la justesse du choix d'équipement, la prudence - par sécurité d'approvisionnement - aurait dû inciter à ne pas équiper les forages d'Aloukpaboundou, de Bouvelem, de Fondah, de Bodjondé, d'Agbandi et d'Atikpaï où les débits sont très inférieurs à 1 m³/h. L'équipement de ce genre de forage devrait être décidé après des essais de pompage prolongés.

EN CONCLUSION

Une analyse rigoureuse des résultats de la campagne de forage 4^{ème} FED dans la région Centrale-Sud doit permettre d'orienter différemment les recherches d'eau par forage dans cette même région.

En définitive sans appliquer une clause d'exclusion pour la proximité trop grande des axes de drainage, sans appliquer de clause d'exclusion pour l'éloignement trop grand du village à alimenter, la prudence -marge de sécurité - aurait dû faire retarder l'équipement de 8 forages pour vérification plus approfondie :

Aloukpaboundou et Bodjondé : qualité et quantité douteuses
 Bouvelem, Fondah, Agbandi et Atikpaï : quantité douteuse
 Taboundé, Blitta-Losso et Assouma-Kodji : qualité douteuse.

Ce qui fait que seuls 12 forages peuvent être estimés satisfaisants sur les 31 réalisés, après c'est aux hygiénistes de préciser leurs exigences.

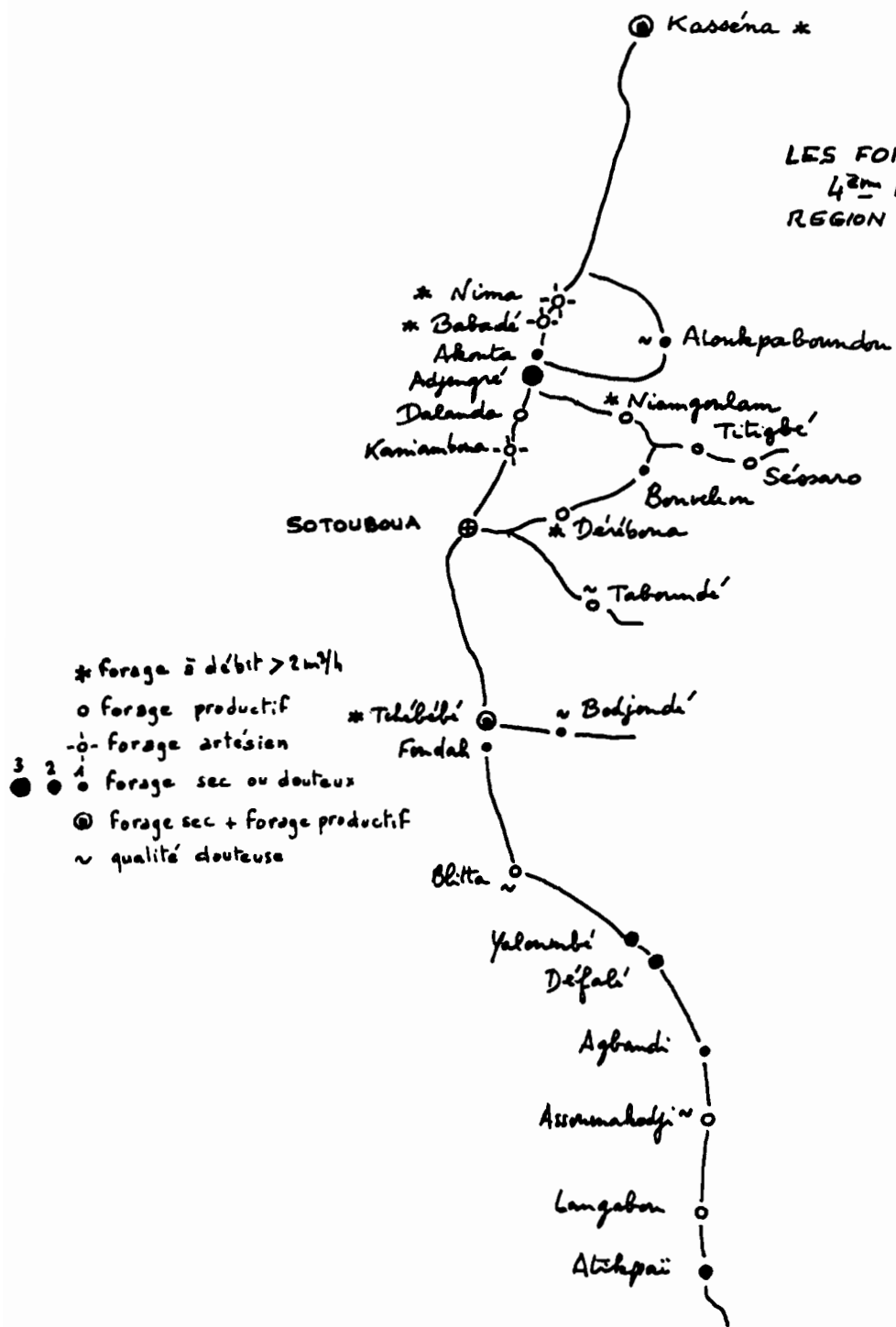
Au niveau des hydrogéologues le travail devait être amélioré dans les directions suivantes :

Méthodologie : La recherche des croisements de linéaments et la "poursuite" de fracture devraient intégrer *une notion de périmètre de protection autour des axes de drainage* . Ceci pouvait être une mesure transitoire tant que l'on ne connaît pas grand chose sur la circulation souter-

raîne de l'eau dans cette région.

Conditions d'exploitation : on ne peut exploiter toute l'eau rencontrée dans les forages que si elle présente des garanties de qualité "a priori". On peut proposer de réserver l'eau des terrains superficiels aux exploitations traditionnelles ou par puits. *On doit exiger de longs essais de pompage pour les faibles débits ($\leq 1 \text{ m}^3/\text{h}$) afin de juger réellement de la possibilité d'équipement.*

LES FORAGES
4^{ème} FED
REGION CENTRALE (SUD)



RECHERCHE D'EAU DANS LE CADRE DU 4^e FED :
CRITIQUE DES DONNEES DE L'ANALYSE STATISTIQUE DE D. THIERY*
(BRGM 1981)

Plusieurs des variables utilisées dans l'analyse statistique de D. THIERY méritent d'être revues, supprimées, transformées pour donner plus de poids à la démonstration de l'auteur, et orienter ses recherches vers des préoccupations plus pratiques.

Ces variables à introduire, à supprimer, à préciser... sont justifiées maintenant suivant l'ordre défini dans le bordereau d'acquisition des données.

CRITIQUE DES PARAMETRES

1 - Tectonique régionale

Cadre trop général au niveau du Togo ne permet en fait que la distinction entre la région des Savanes (bouclier) et le reste soumis à une tectonique ancienne (birrimienne, atakorienne, panafricaine).

2 - Lithologie

Si les 5 groupes retenus sont intéressants "a priori", il y a d'après la description des coupes des forages de grandes imprécisions qui n'ont pas été levées.

a) les *granito-gneiss* sont-ils classés dans les granitoïdes ou dans les gneiss ? Selon toute vraisemblance il s'agit le plus souvent de *migmatites* dont la distinction avec les gneiss est souvent délicate, surtout si l'échantillon considéré est de petite taille.

b) les *gneiss amphiboliques* ou les *migmatites amphiboliques* sont-ils attribués à la catégorie des gneiss, des migmatites, ou des roches basiques ? En effet leur chimisme est souvent très proche du chimisme des gabbros ou des gabbro-diorites.

c) comment distinguer les *successions* possibles dans les coupes des forages ? Les plus fréquents sont gneiss amphibolique/amphibolite et schistes/quartzite.

d) comment faire apparaître les preuves lithologiques d'une *discontinuité* ? Quartzification, oxydation...

3 - Les études pour implantation

La nécessité de classer aboutit à des choix artificiels donc peu crédibles et il y a *amalgame* entre les 3 premières propositions à savoir que le choix est fixé en même temps par les contraintes d'accès, les critères empiriques et la photo-interprétation. Pour l'effectif étudié, THIERY souligne en effet que les études géophysiques représentent peu de chose.

a) déplacement d'une variable

Par contre une variable nouvelle devrait être introduite à ce niveau et non pas plus loin à savoir la *distance au cours d'eau*. Par exemple dans la région centrale 62 des 95 forages sont situés à moins de 60 m du talweg. Est-ce que cette proximité doit être attribuée aux critères empiriques ? A l'expérience des anciennes recherches d'eau par puits ? Aux traditions ?

b) étude sur les choix de la photo-interprétation

Notons aussi que la *hiérarchie établie par photo-interprétation* n'a pas été prise en compte, ce qui est dommage pour guider les choix futurs. En effet chaque localité étudiée présentait après photo-interprétation de 1 à plusieurs sites possibles dont la totalité ou une partie a été forée. Par

exemple dans la région centrale sur 205 sites retenus pour 73 agglomérations, 95 forages ont été réalisés dont 53 F1 sur 73, 18 F2 sur 64, 16 F3 sur 44... (F1 et la suite indiquant certainement un choix de priorité pour l'interprétation photo géologique). Le taux d'échec sur les F1 semble en effet inférieur à celui des autres implantations.

4 - Situation morphologique

Oter je pense la distance au talweg pour ne retenir que les notions de fond, flanc de talweg, interfluve et surface tabulaire.

5 - La situation par rapport aux discontinuités tectoniques

Aux descriptions proposées, je propose que l'on ajoute deux variables supplémentaires :

- y a t-il *superposition* du ou d'un linéament avec un cours d'eau ?
- le forage a t-il rencontré avec *certitude* le linéament ou le croisement de linéaments recherchés ? En précisant peut-être les *preuves* possibles : venues d'eau significatives, quartzification, carbonatation, oxydation...

6 - Recouvrement

Cette notion n'est pas très bien définie et le fait de poser la question en alternative autochtone/allochtone le montre bien. Peut être faudrait-il plutôt esquisser une coupe schématique des forages en 3 terrains successifs :

a) *niveau superficiel* remanié par oxy-hydroxylation généralisée avec *qualification* de ce niveau : argileux, sableux, ferrifère... et *quantification* : puissance

b) *niveau de déséquilibre* de la roche : socle altéré, fissuré, oxydé... et puissance.

c) *roche saine* définie précédemment et qui pourrait être envisagée ici suivant sa *cote*.

7 - Fissurations et venues d'eau

On remarque d'abord que les fissures sèches sont rarement mises en évidence par la technique du forage et par l'absence de connaissance de l'environnement géologique local. Est-ce alors une notion utile à conserver ? Par contre il pourrait être utile de définir plus précisément la *qualité de l'eau par rapport à la coupe* définie précédemment de manière à savoir la part qui revient au "recouvrement", au "socle altéré" et au "socle sain". Ceci devrait être distinct de la cote des diverses "fissures". En effet si l'eau superficielle bonifie immédiatement la quantité d'eau totale disponible en 1 point de forage, il n'est pas évident que ce soit à long terme et il y a des risques certains de fluctuation de la qualité de l'eau.

8 - Débits

Il est fort difficile d'exploiter les débits annoncés au moment du forage par "air lift" et les débits définis par pompage sont souvent litigieux. Le problème est donc d'exiger des essais vraiment significatifs soit par "air lift" soit par pompage mais en *normalisant les essais*. En même temps établir la limite du succès à 600 l/h peut hypothéquer toute démarche vers une stratégie du succès.

EN CONCLUSION

J'estime qu'un certain nombre de variables doit être précisé ou vérifié afin que les approches par calcul réussissent à proposer de véritables économies dans les campagnes de forages.

En particulier ces calculs doivent permettre à l'hydrogéologue d'opérer avec le plus de succès possible, donc de réduire le taux d'échecs (42 % des 300 forages ont un débit inférieur à 1 M3/h).

On aimerait donc qu'un *dialogue* s'instaure entre les moyens *calculs* et l'homme de *terrain* pour faire baisser cet énorme gaspillage qu'est notre ignorance. En même temps on pourrait suggérer que les moyens dont dispose le Bureau d'Etude soient en partie *investis* dans des travaux de *recherche sur le terrain* , car là que l'on comprendra l'eau souterraine et que s'élaboreront les moyens de la mettre en évidence.