

ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

Administration des Mines - Service géologique de Belgique

13, Rue Jenner - 1040 Bruxelles

LE SONDAGE DE GRAND-HALLEUX

par

ir. J.M. GRAULICH

Professional Paper 1980|6 b.

N° 175

ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

Administration des Mines - Service géologique de Belgique

13, Rue Jenner - 1040 Bruxelles

LE SONDAGE DE GRAND-HALLEUX

par

ir. J.M. GRAULICH

Professional Paper 1980|6 b.

N° 175

LE SONDAGE DE GRAND-HALLEUX

par ir. J.M. GRAULICH

Le sondage de Grand-Halleux a été exécuté par la firme Foraky pour le compte du Service Géologique.

Il a été implanté dans une prairie située entre la route Grand-Halleux - Vielsalm et la rivière Salm. (Planche 3)

Les coordonnées dans le système Lambert 72 sont :

$$X = 259.432,63 \quad - \quad Y = 112.219,13 \quad - \quad Z = 321$$

Renseignements généraux

Le sondage a débuté le 22 septembre 1960 et s'est terminé le 8 janvier 1966 à la profondeur de 3.225,46 m.

Au cours des travaux, la sonde a été calée plusieurs fois avec rupture de tige.

- 1 - à 1.362,02 m le 25 juin 1962. L'instrumentation a duré jusqu'au 9 octobre 1962.
- 2 - à 1.601,80 m le 19 janvier 1963. L'instrumentation a duré jusqu'au 13 février 1963.
- 3 - à 2.351,16 m le 3 mars 1964. L'instrumentation a duré jusqu'au 23 septembre 1964 sans parvenir à dégager complètement les outils du trou de sondage qui a été repris en déviation à partir de 2.186,36 m au-dessus de la tête du "poisson".

4 - à 2.624,94 m le 23 mars 1965. L'instrumentation a duré jusqu'au 26 avril 1965 sans parvenir à dégager complètement les outils du trou de sondage qui a été repris en déviation à partir de 2.566,87 m au-dessus de la tête du "poisson".

5 - à 3.225,46 m le 8 janvier 1966. Ce calage a entraîné l'abandon du sondage.

Le sondage a été réalisé avec les couronnes suivantes (en mm) :

0 à 40,40 m : 240/215 (sondage à la grenaille)
40,40 à 865,25 m : 182/158 ; 182/101 ; 182/91
865,25 à 1.663,80 m : 158/89 ; 158/72
1.663,80 à 2.351,16 m : 133/67
en déviation de 2.186,36 à 2.624,94 m : 111/61
en déviation de 2.566,87 à 3.225,46 m : 111/61.

Ce sondage a été réalisé en roche nue à part les 39,50 m supérieurs qui ont été tubés en 234,95 mm.

Le sondage a fait l'objet de diagraphies électriques exécutées par la Société de Prospection Electrique Schlumberger.

Thermométrie de 25 à 2.250 m.

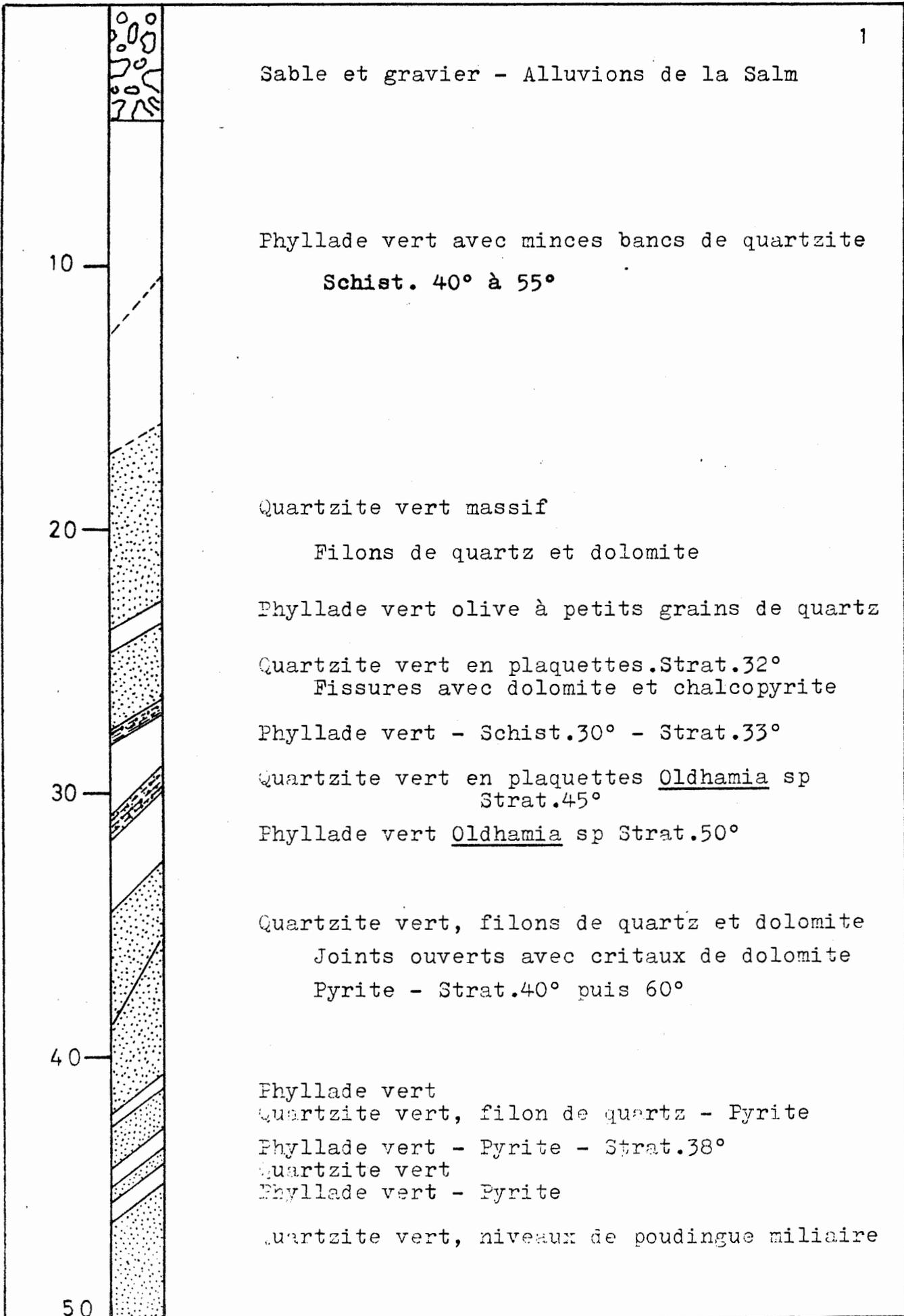
Rayon gamma de 0 à 2.250 m

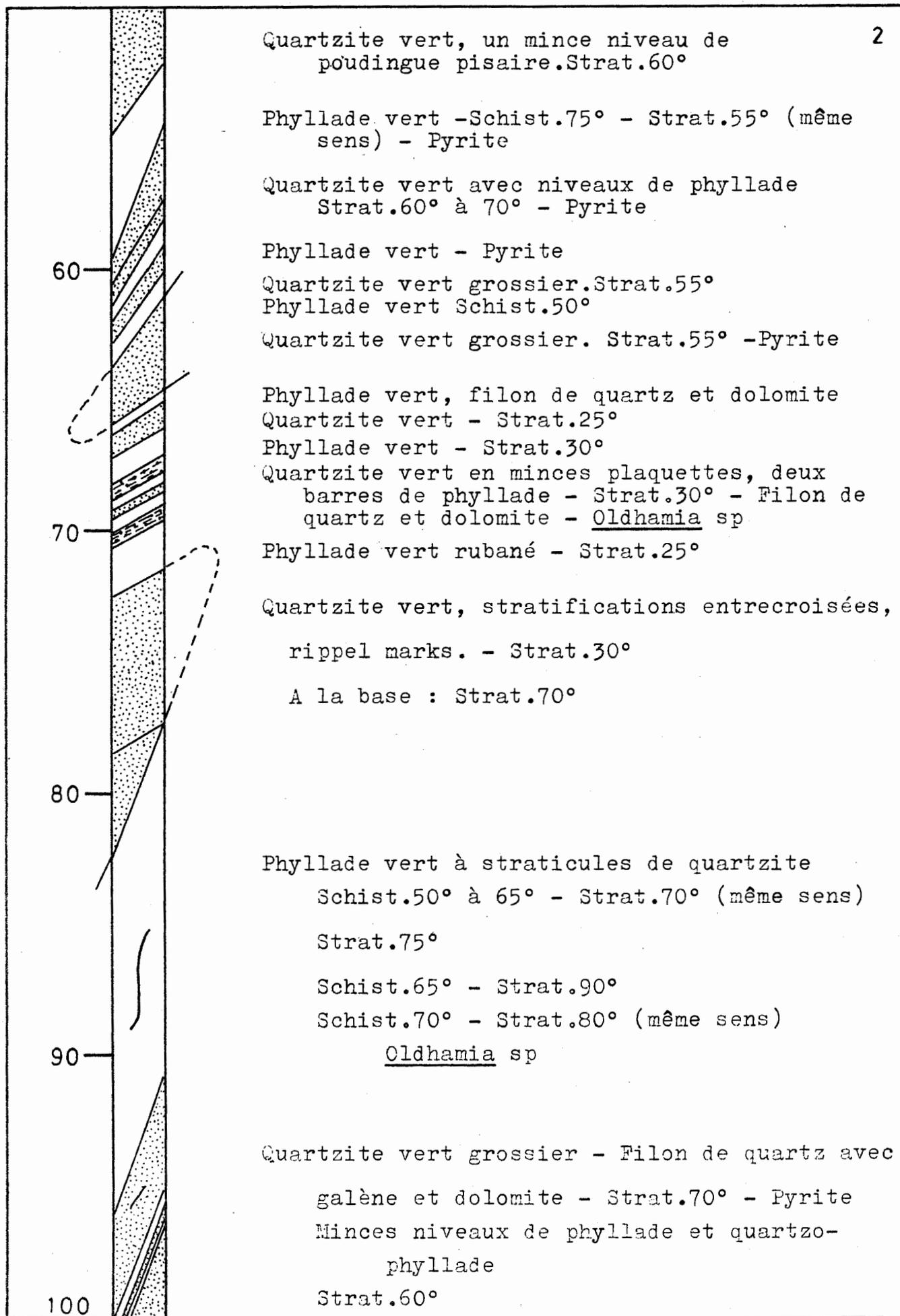
Log. sonic de 40 à 2.250 m.

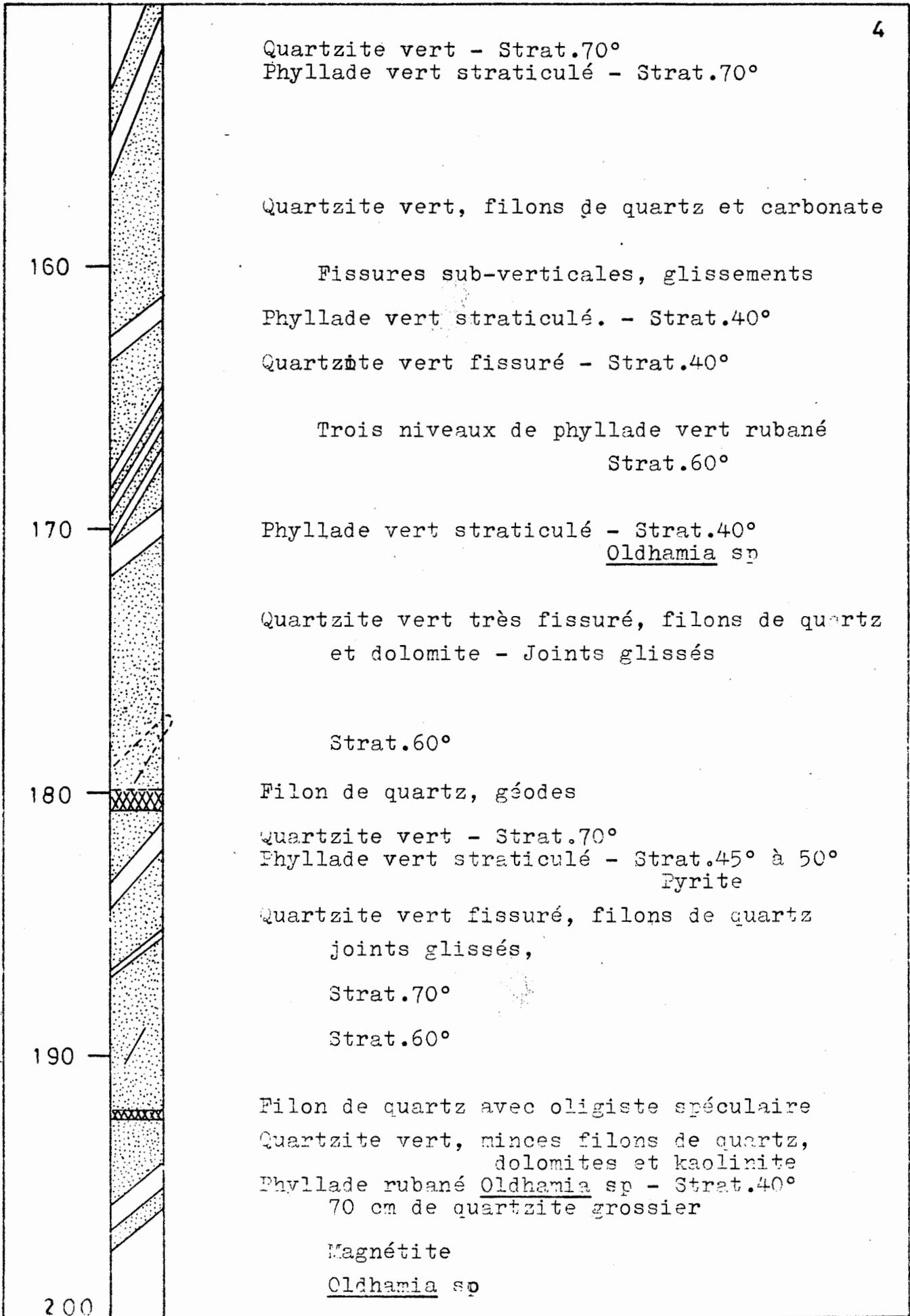
Une étude sismique a été effectuée par la Compagnie Générale de Géophysique.

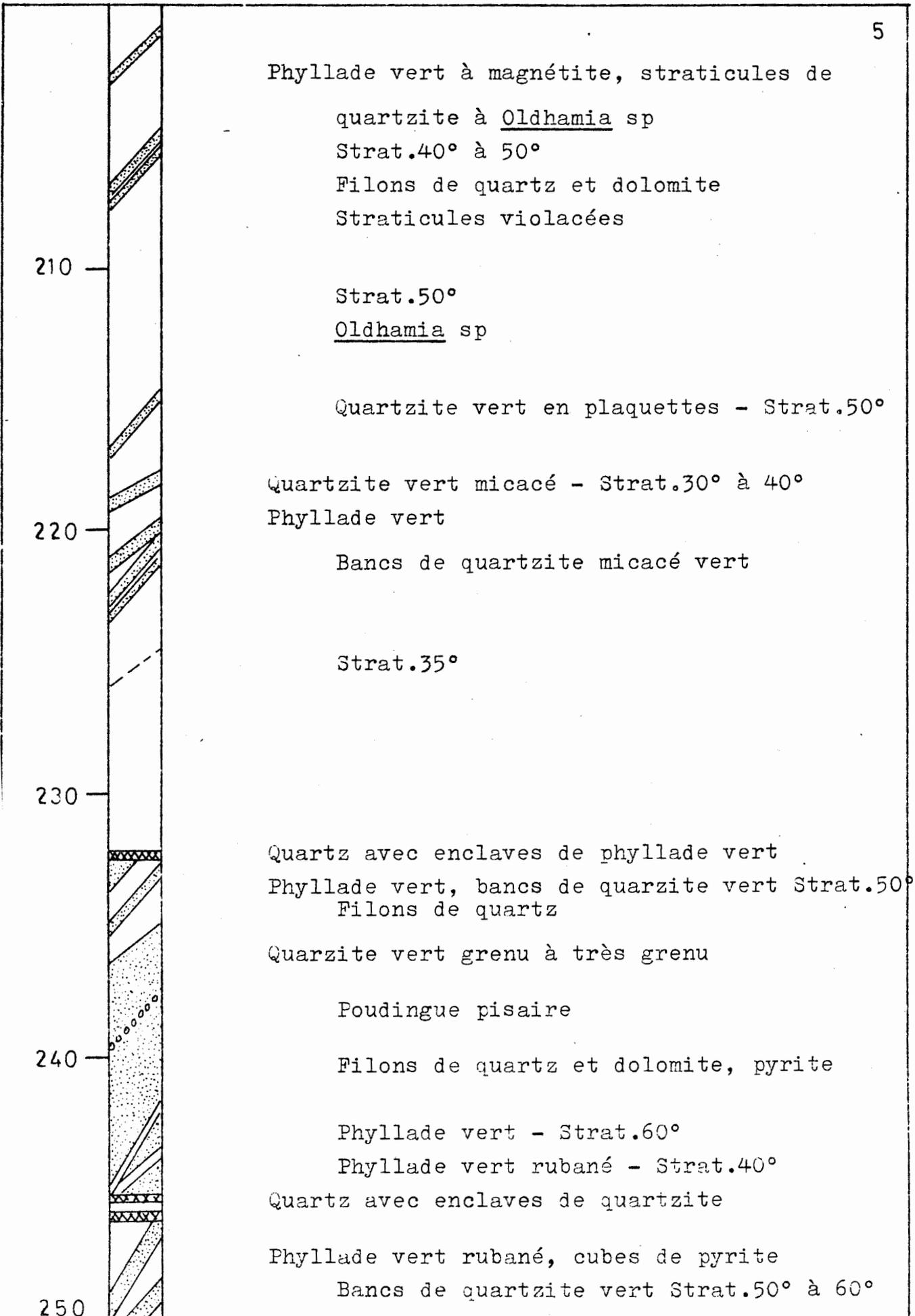
Des mesures à la bombe thermométrique ont été effectuées par la S.A. Foraky aux profondeurs de 1.500 m, 2.100 m et 2.935 m.

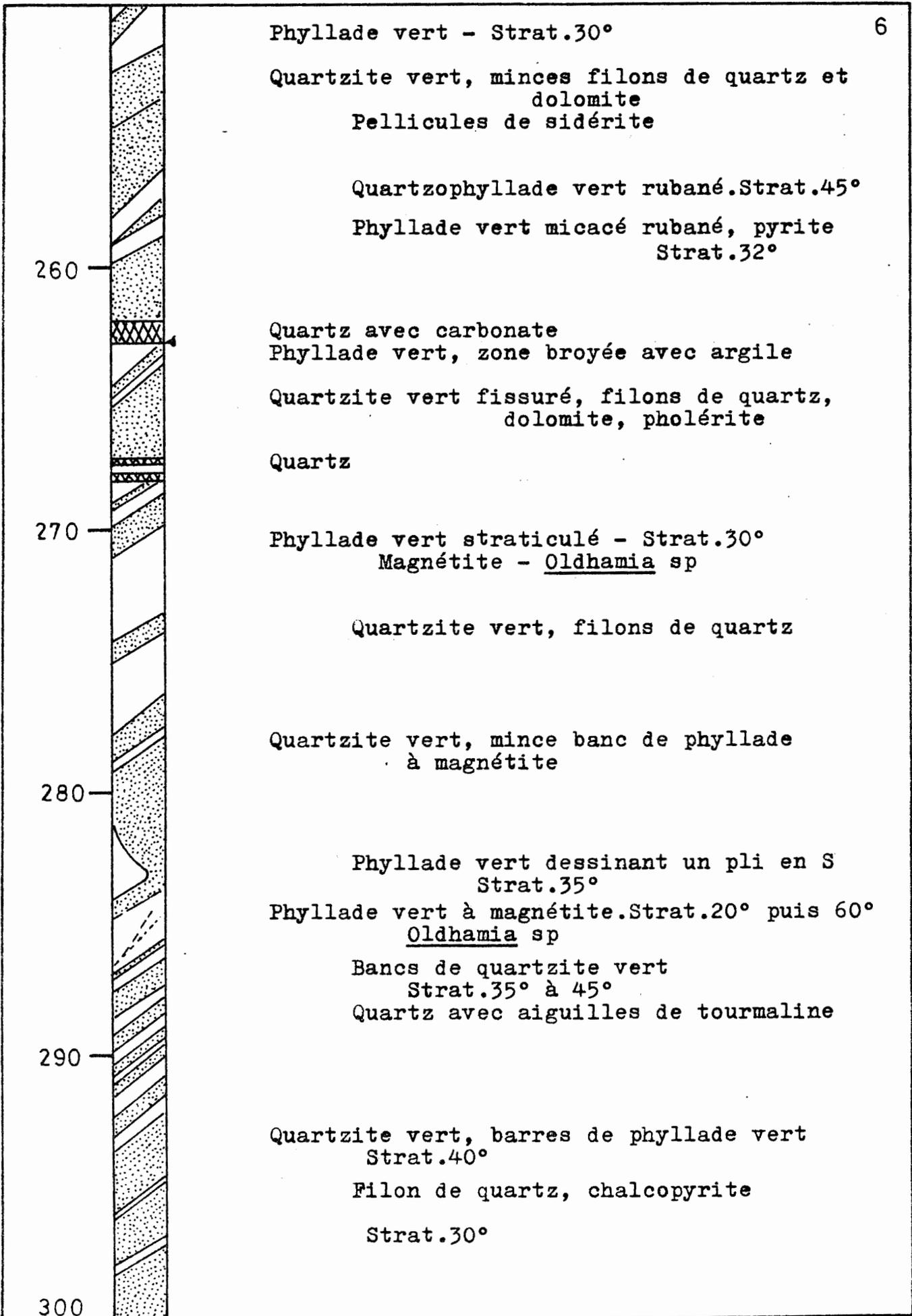
La description du sondage est donnée sous forme graphique.

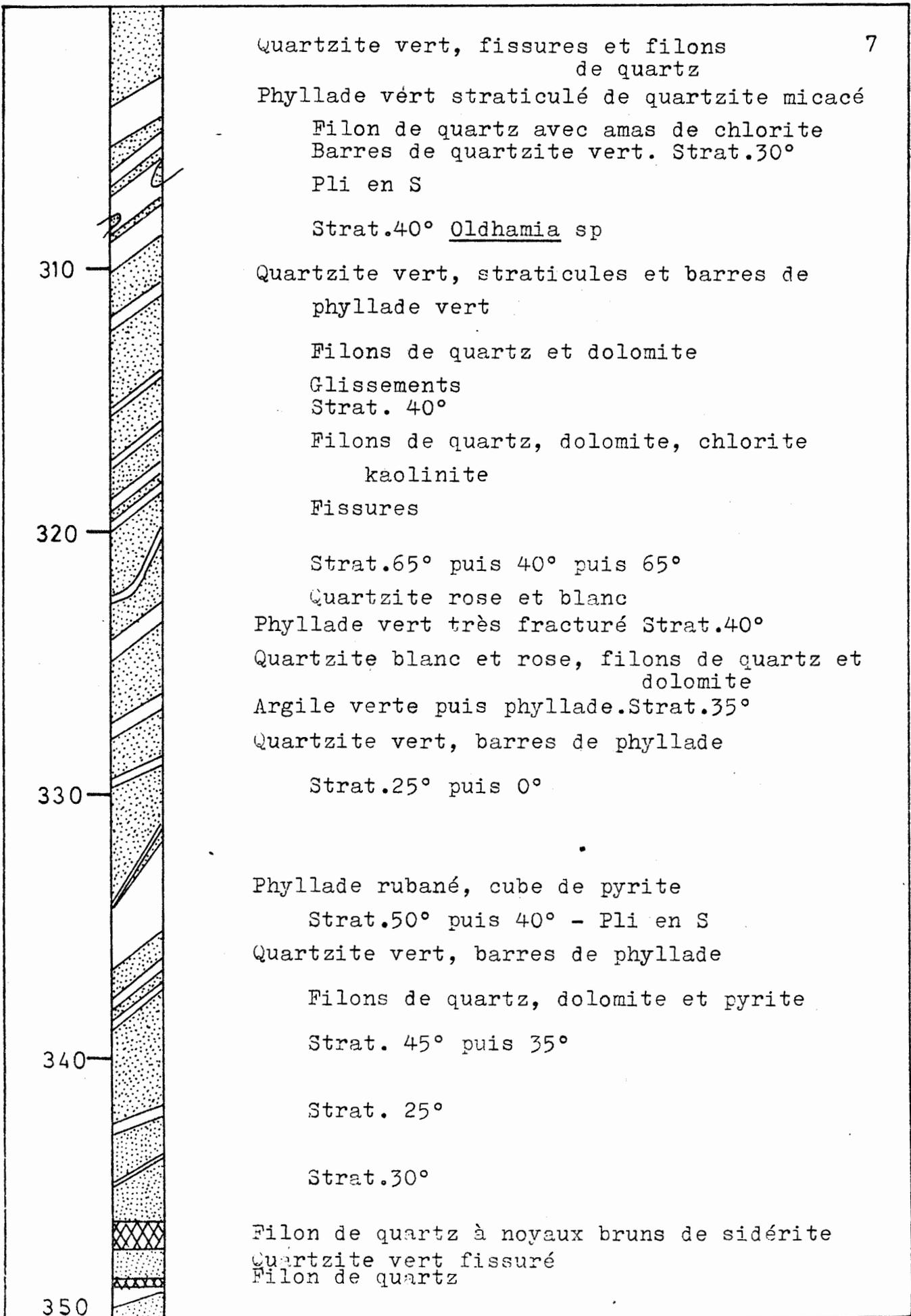


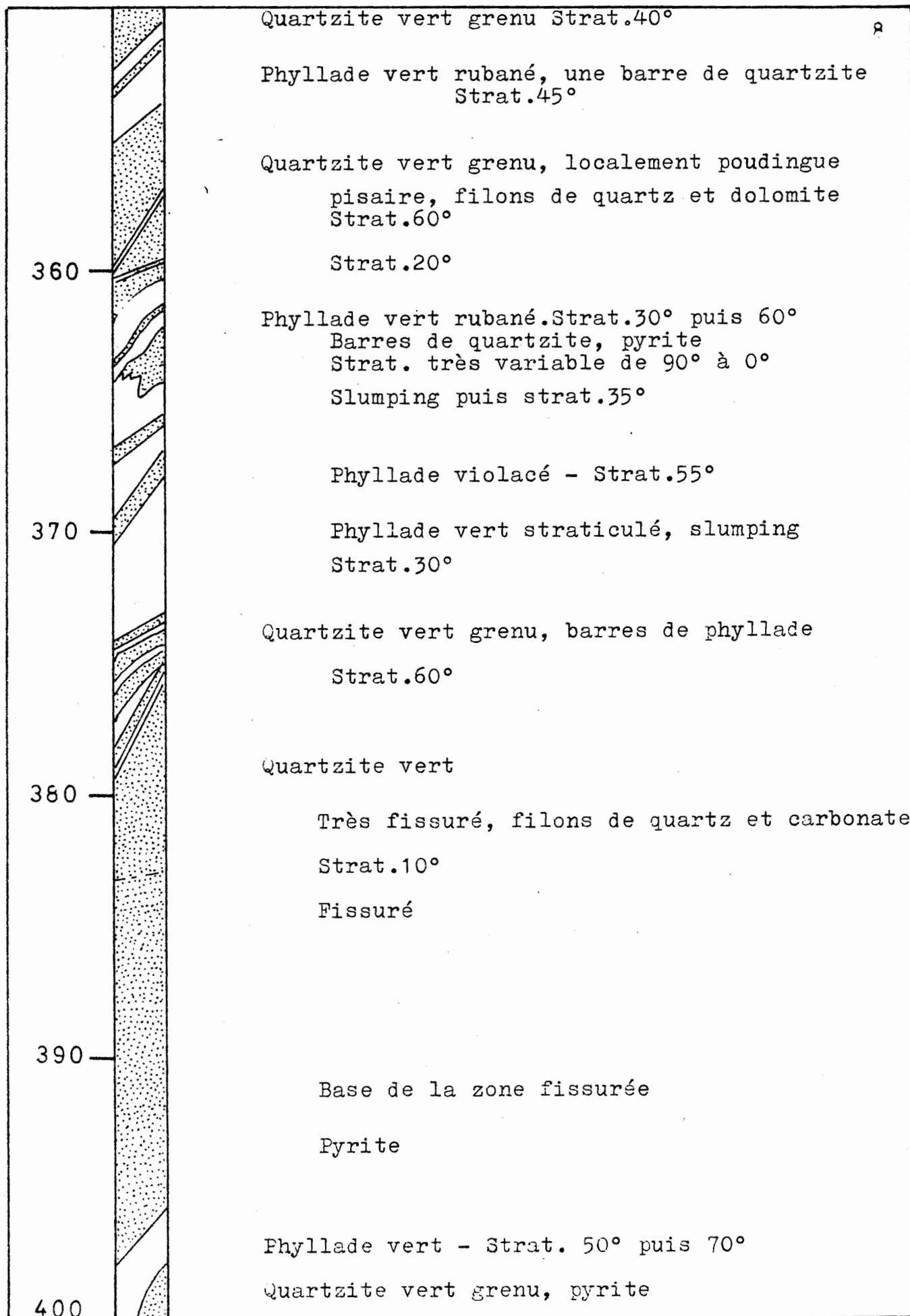


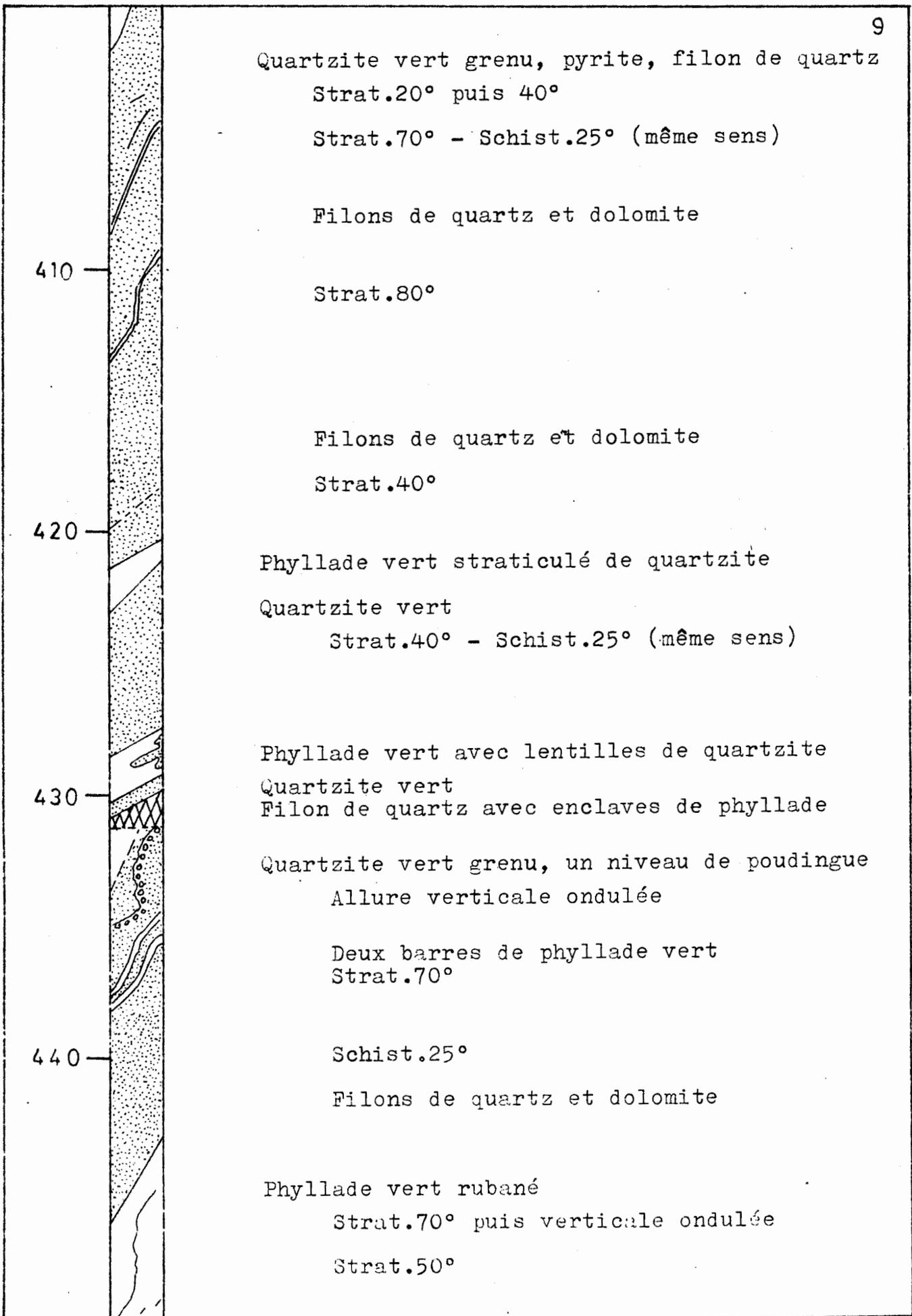


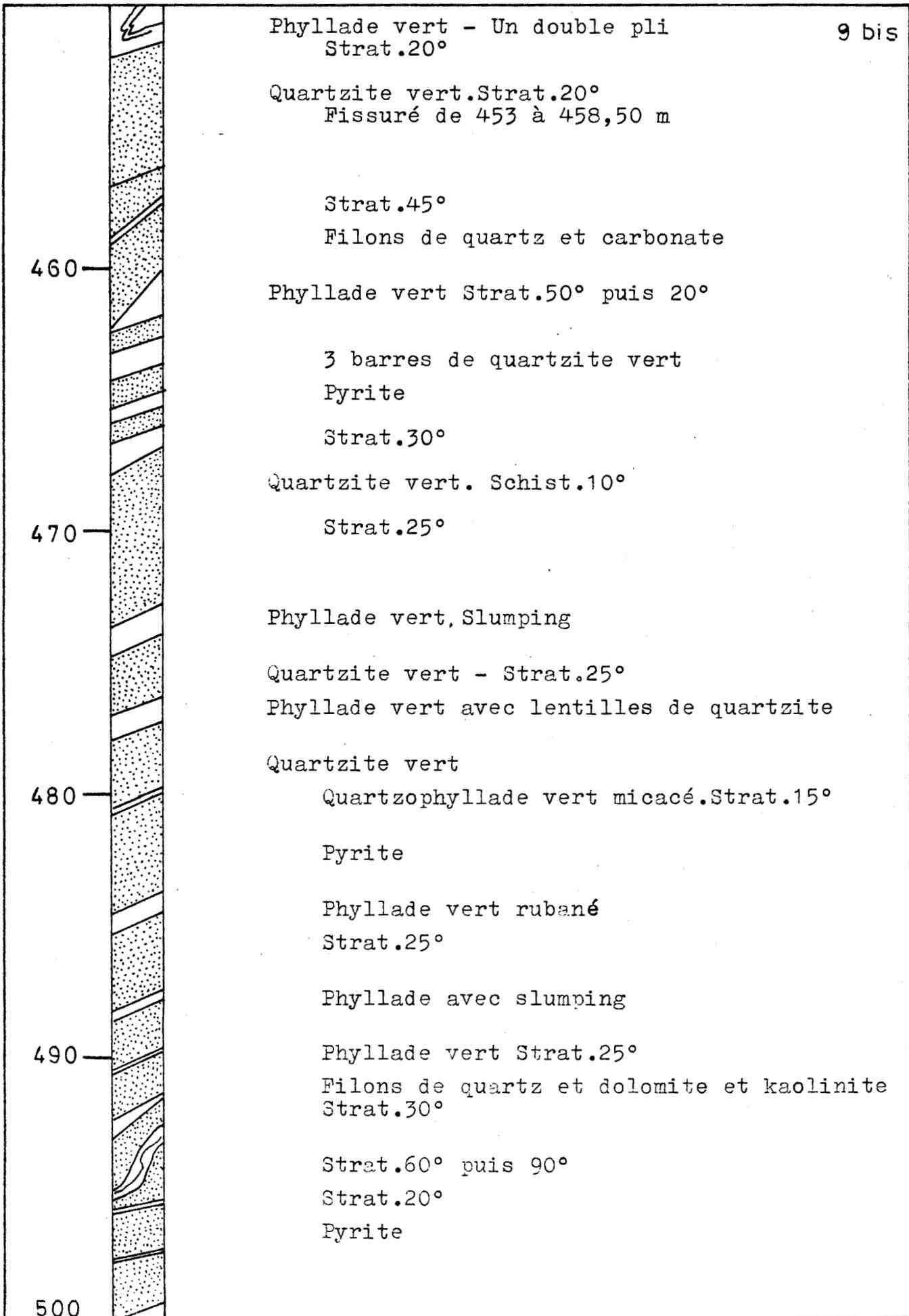


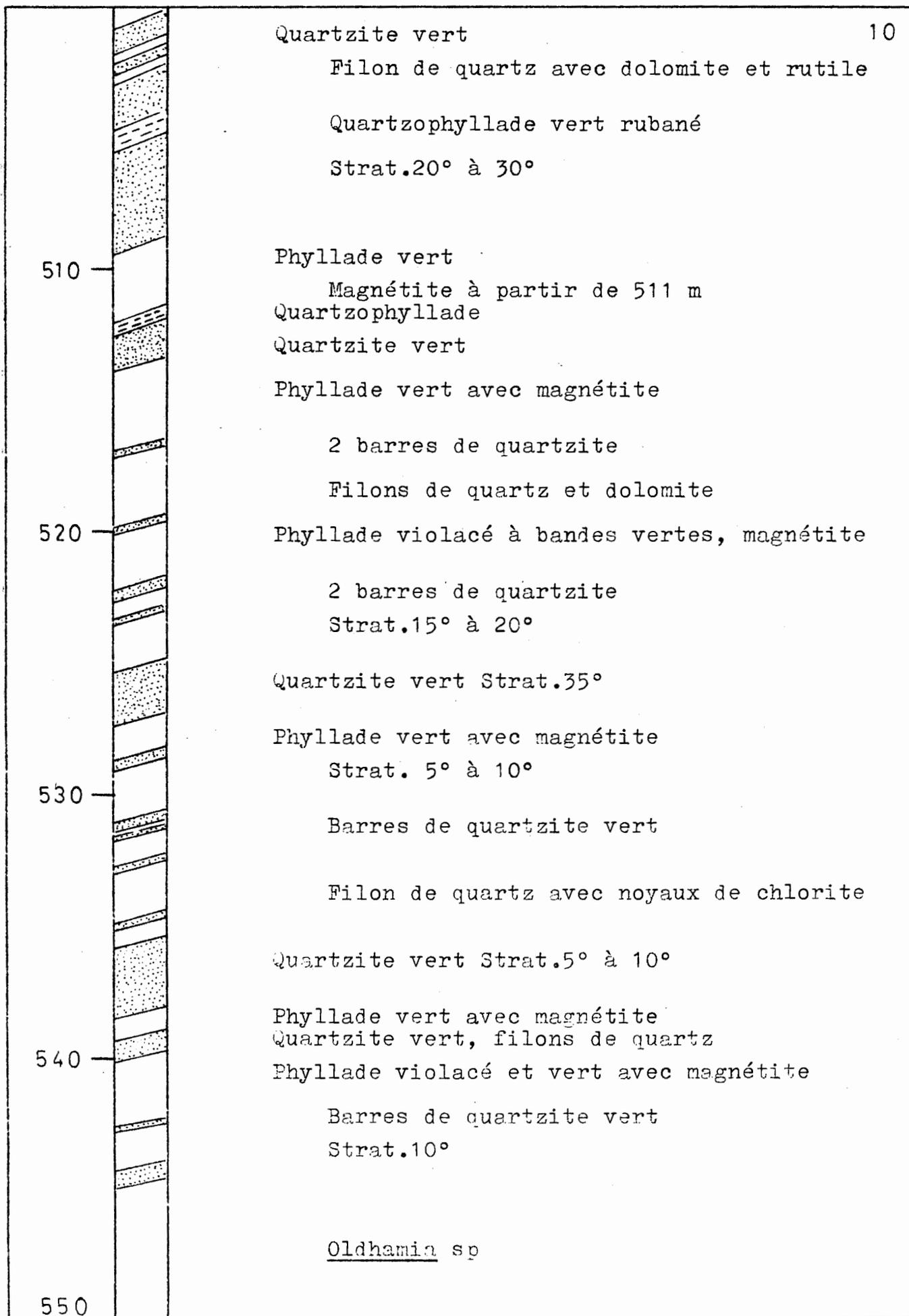


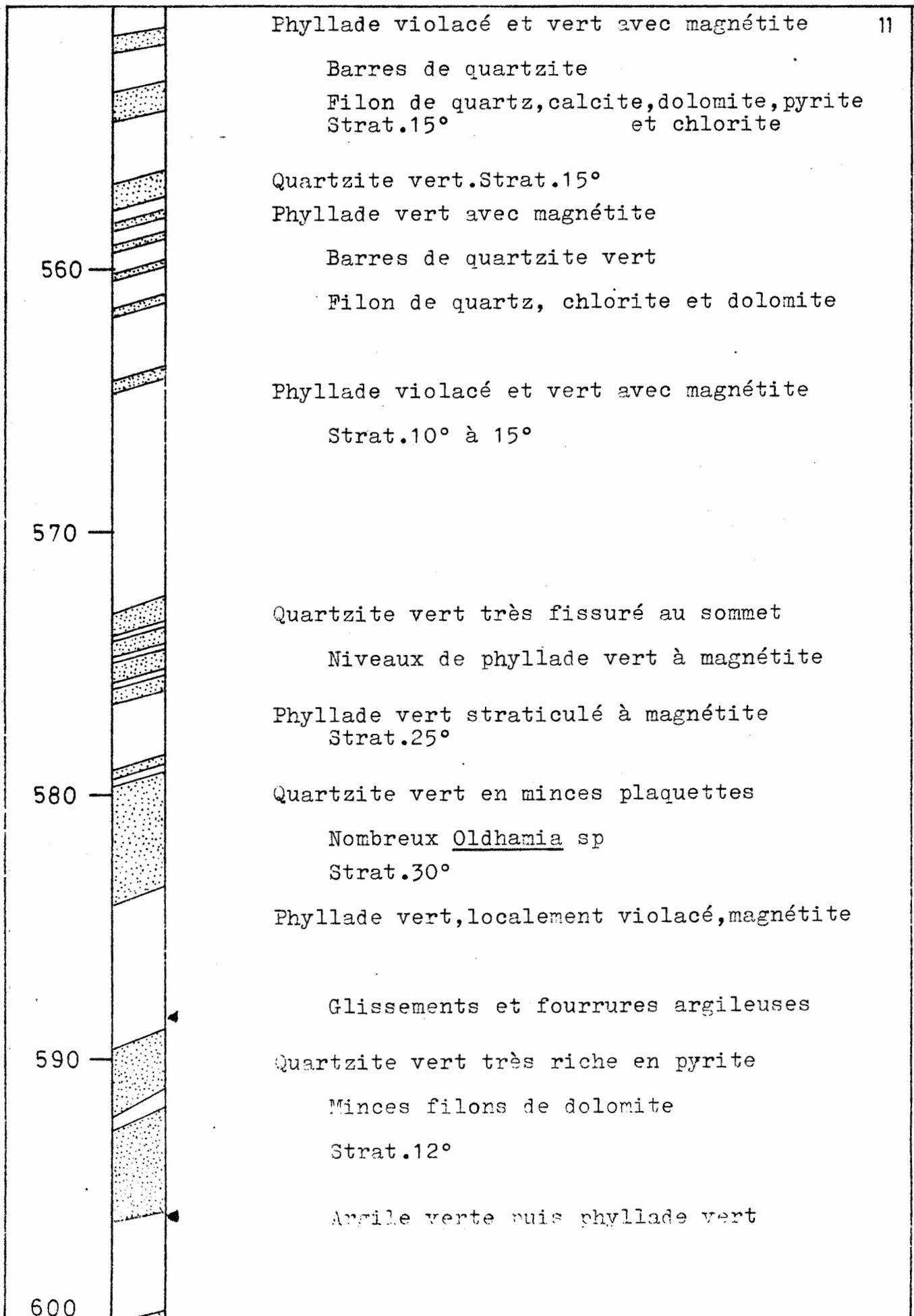


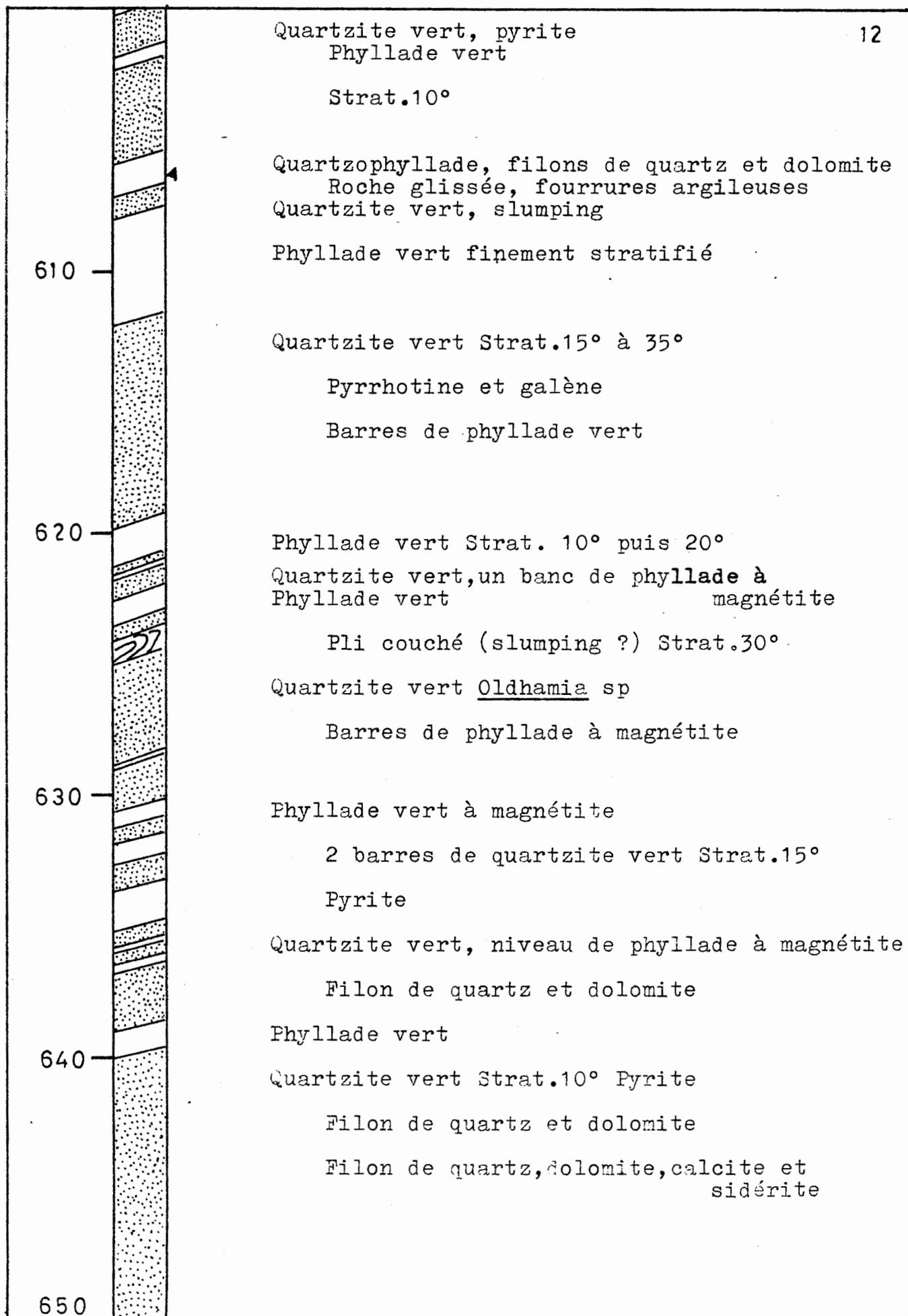


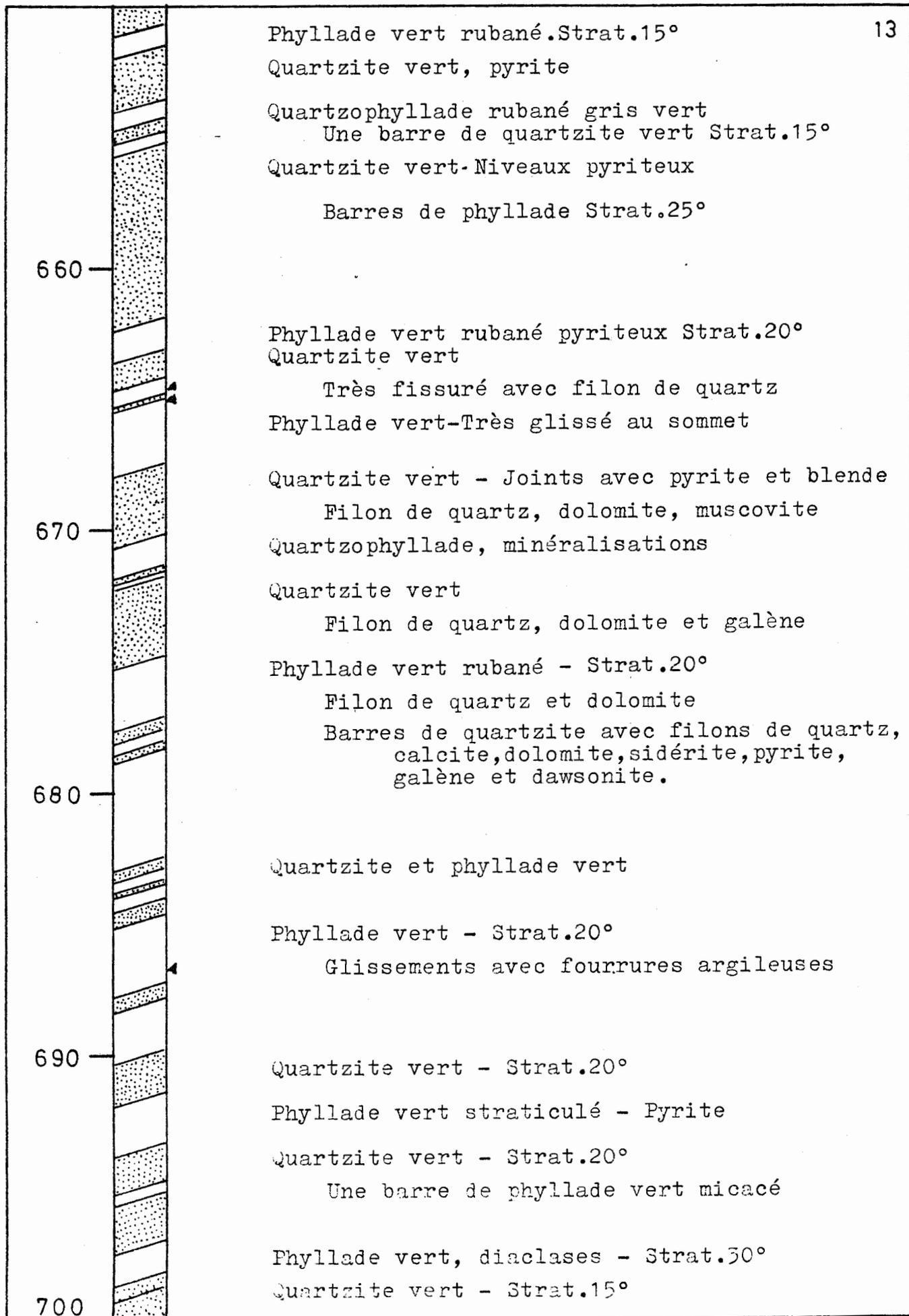


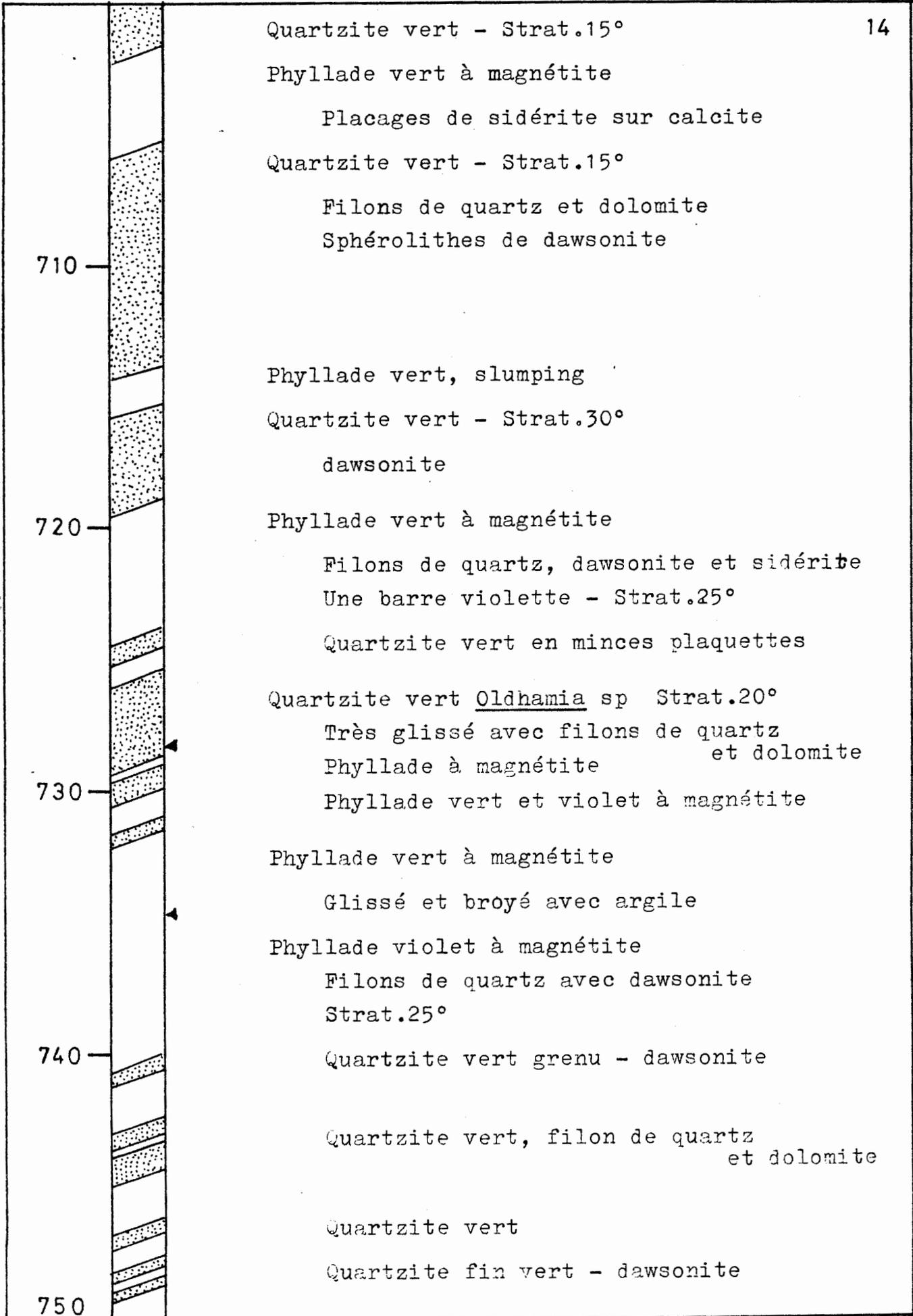


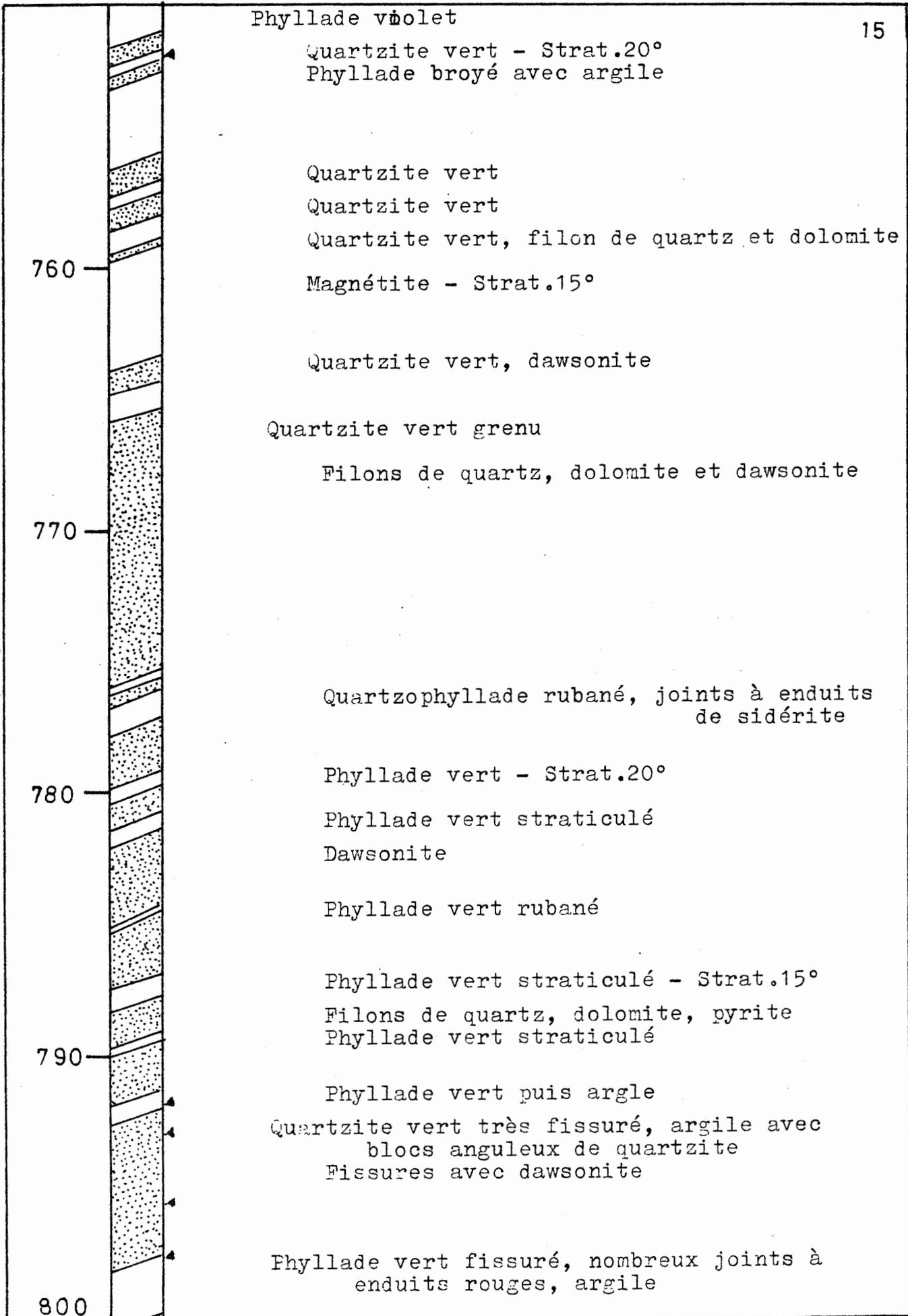


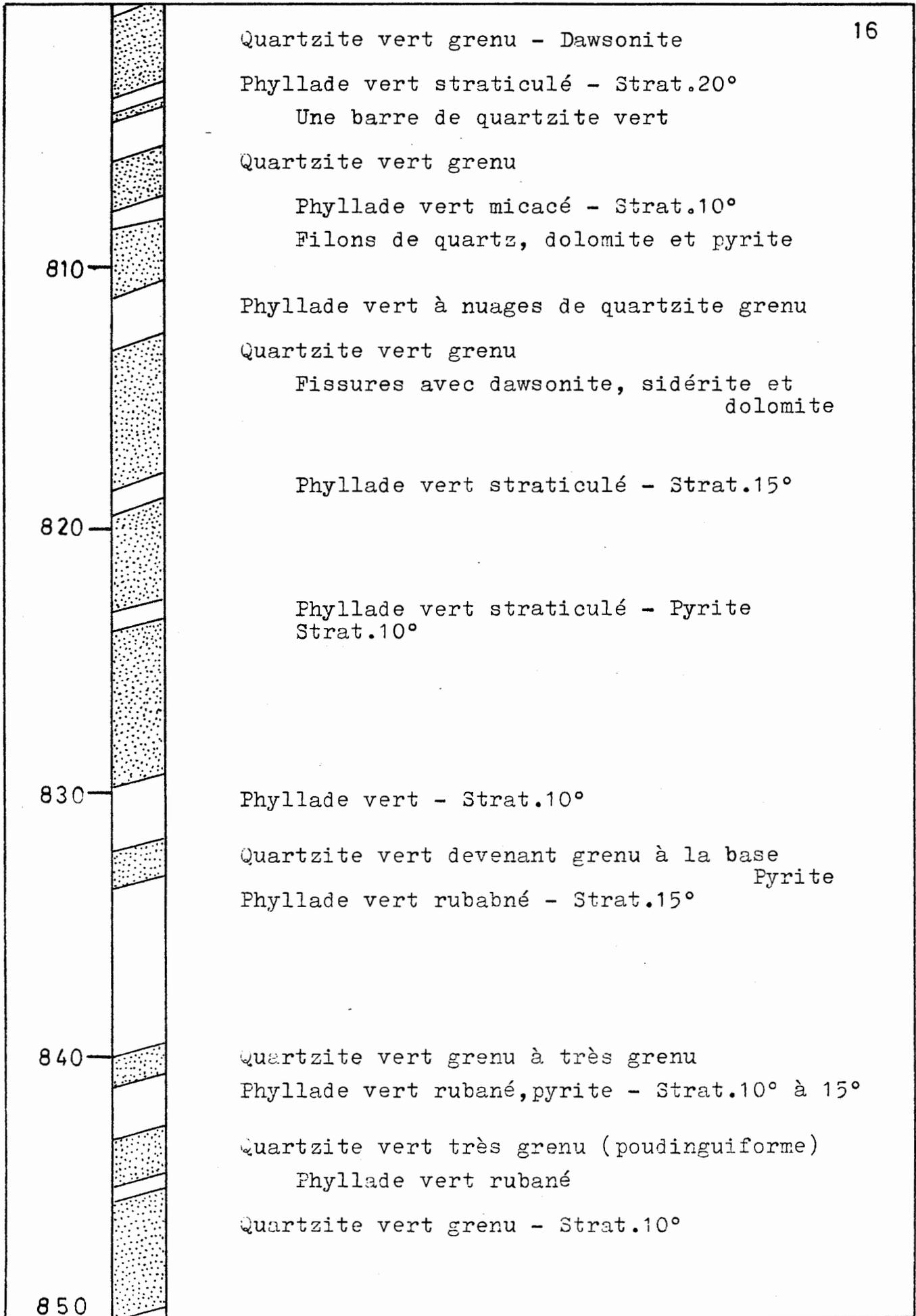


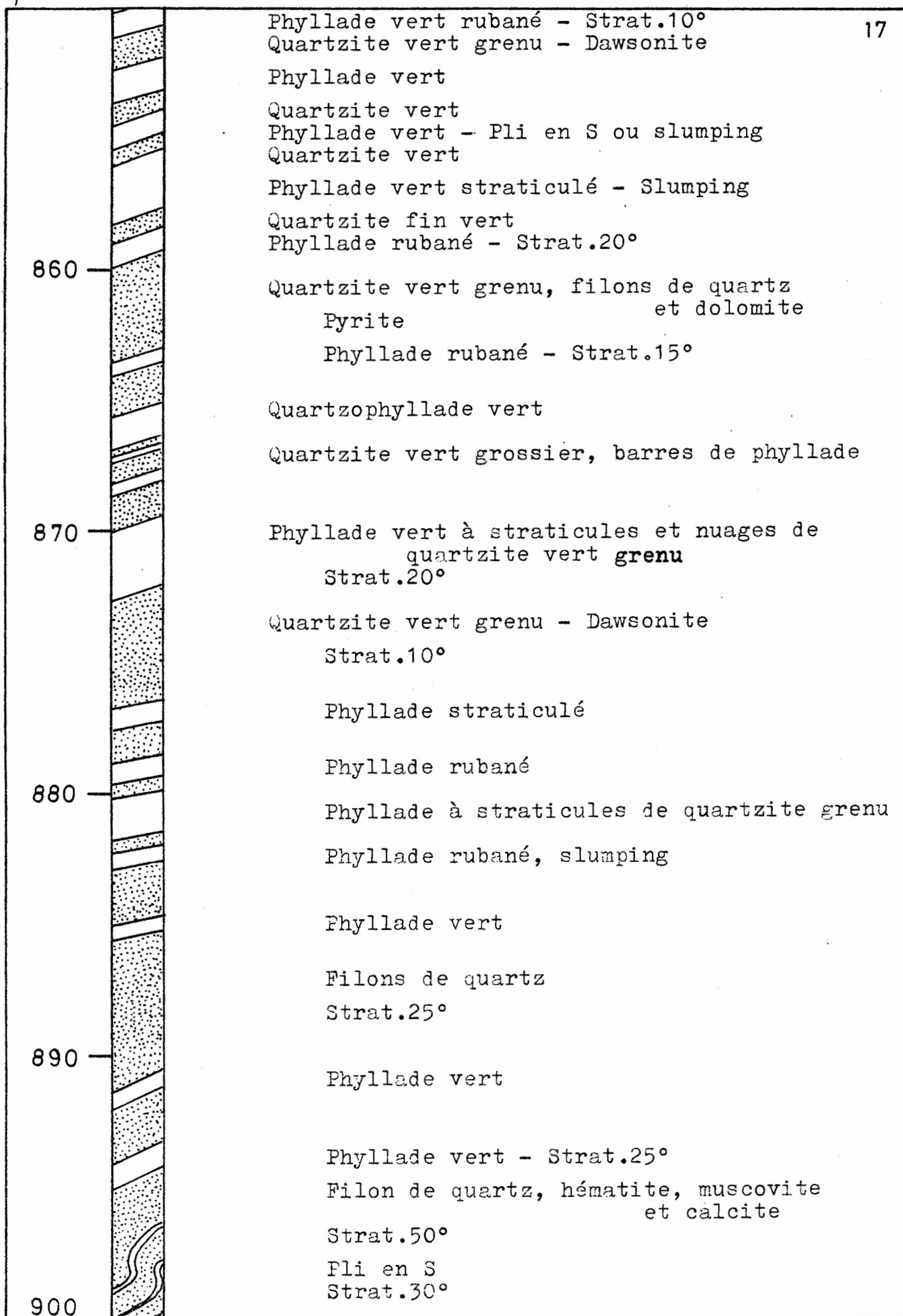


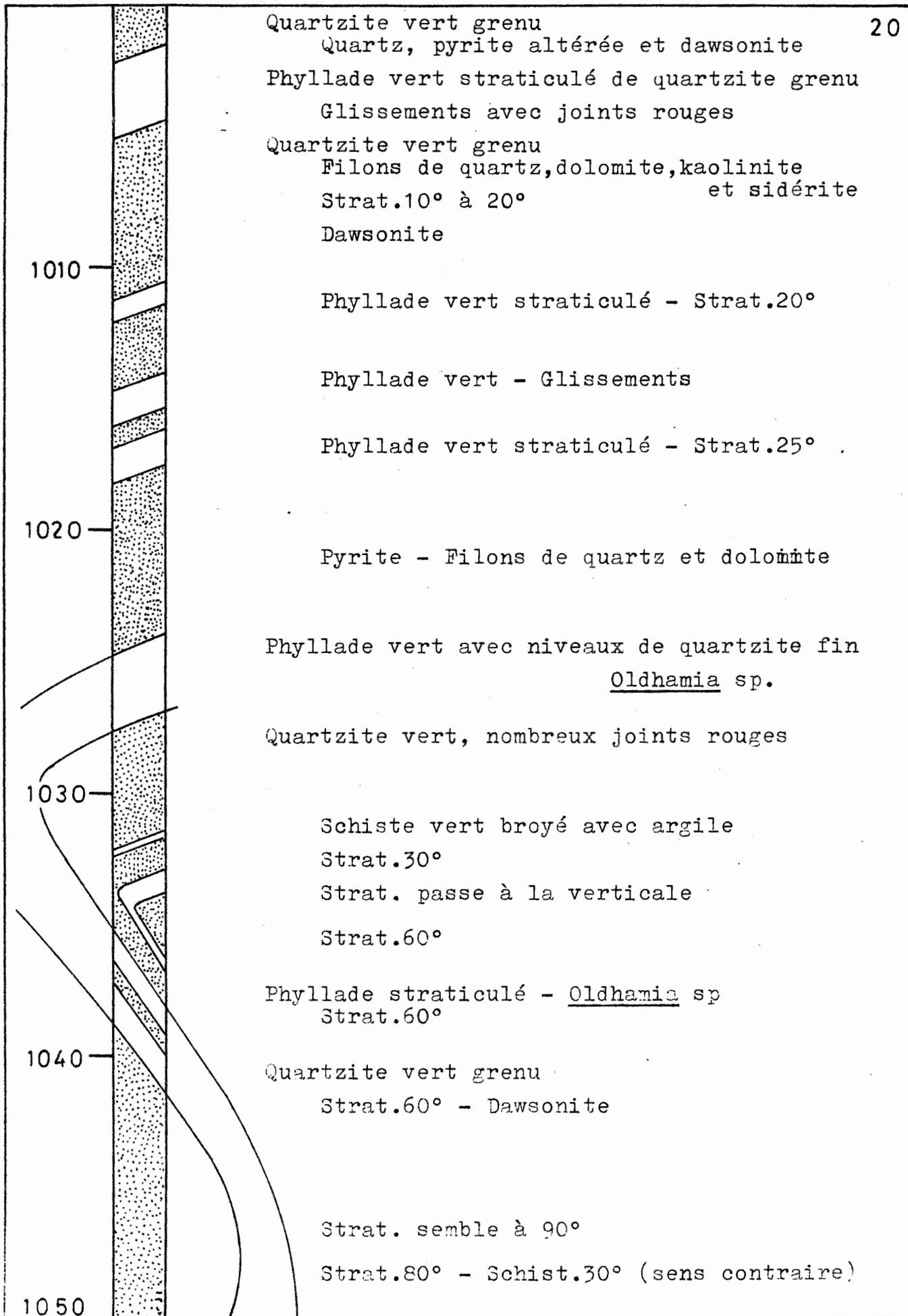


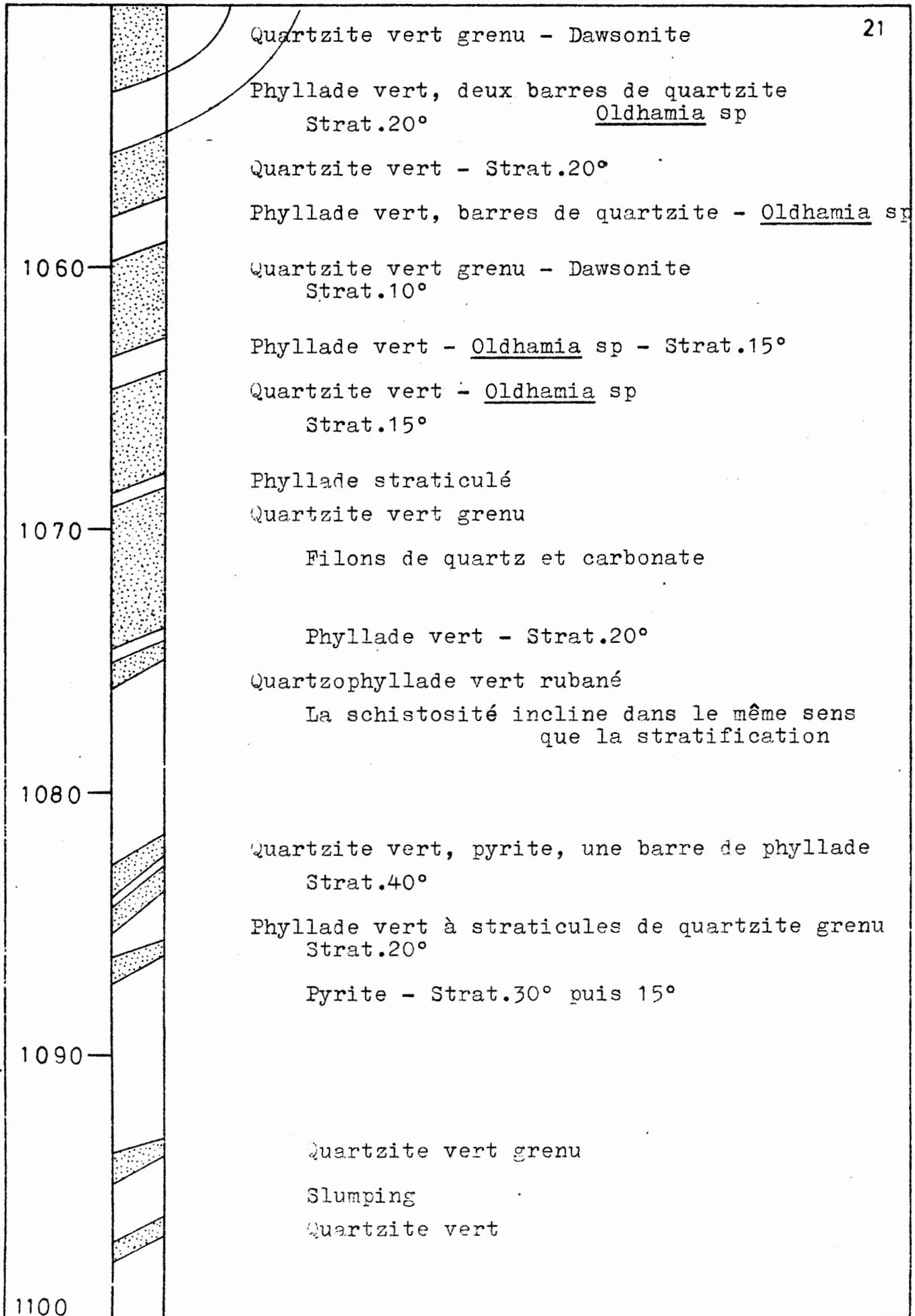


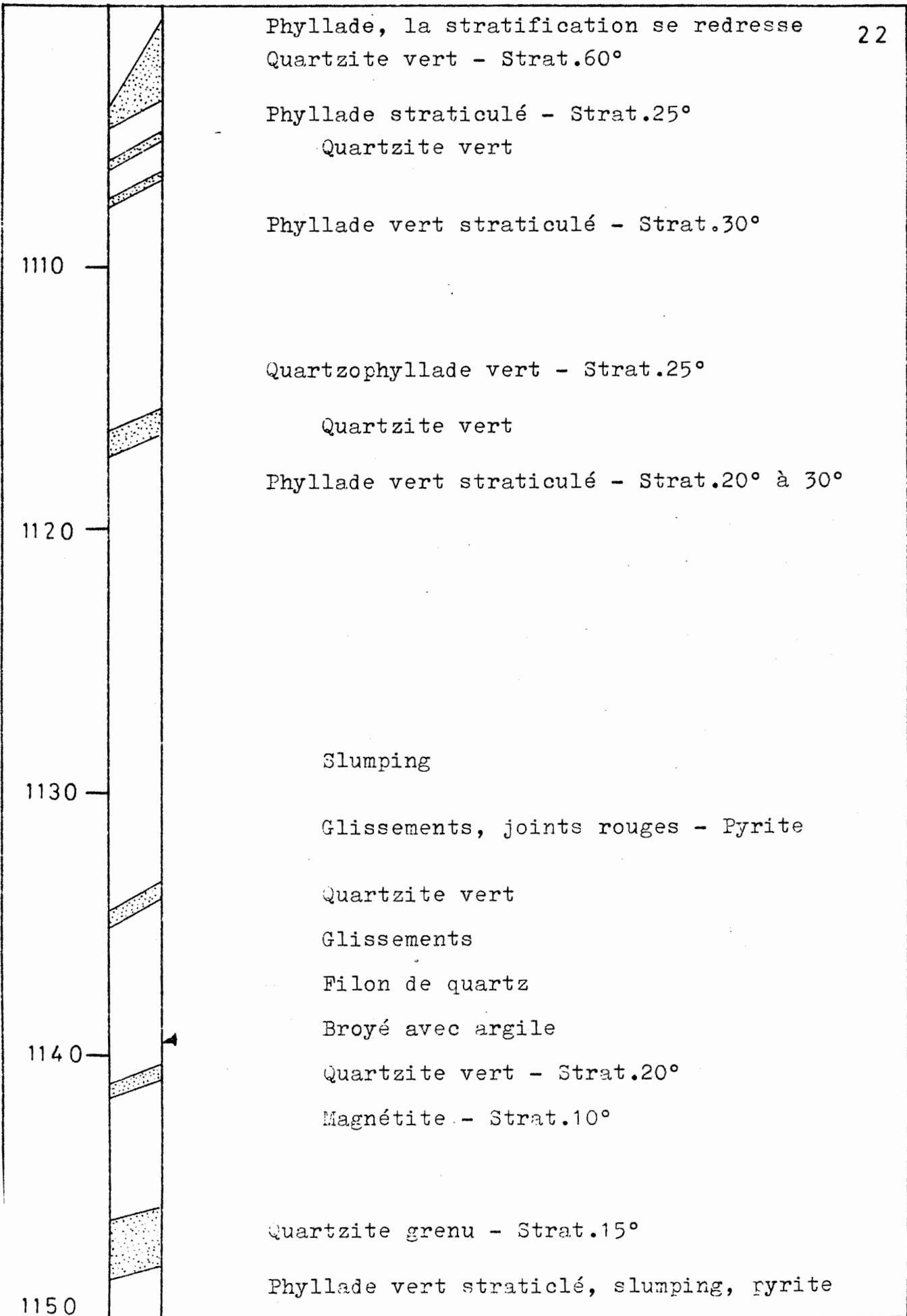


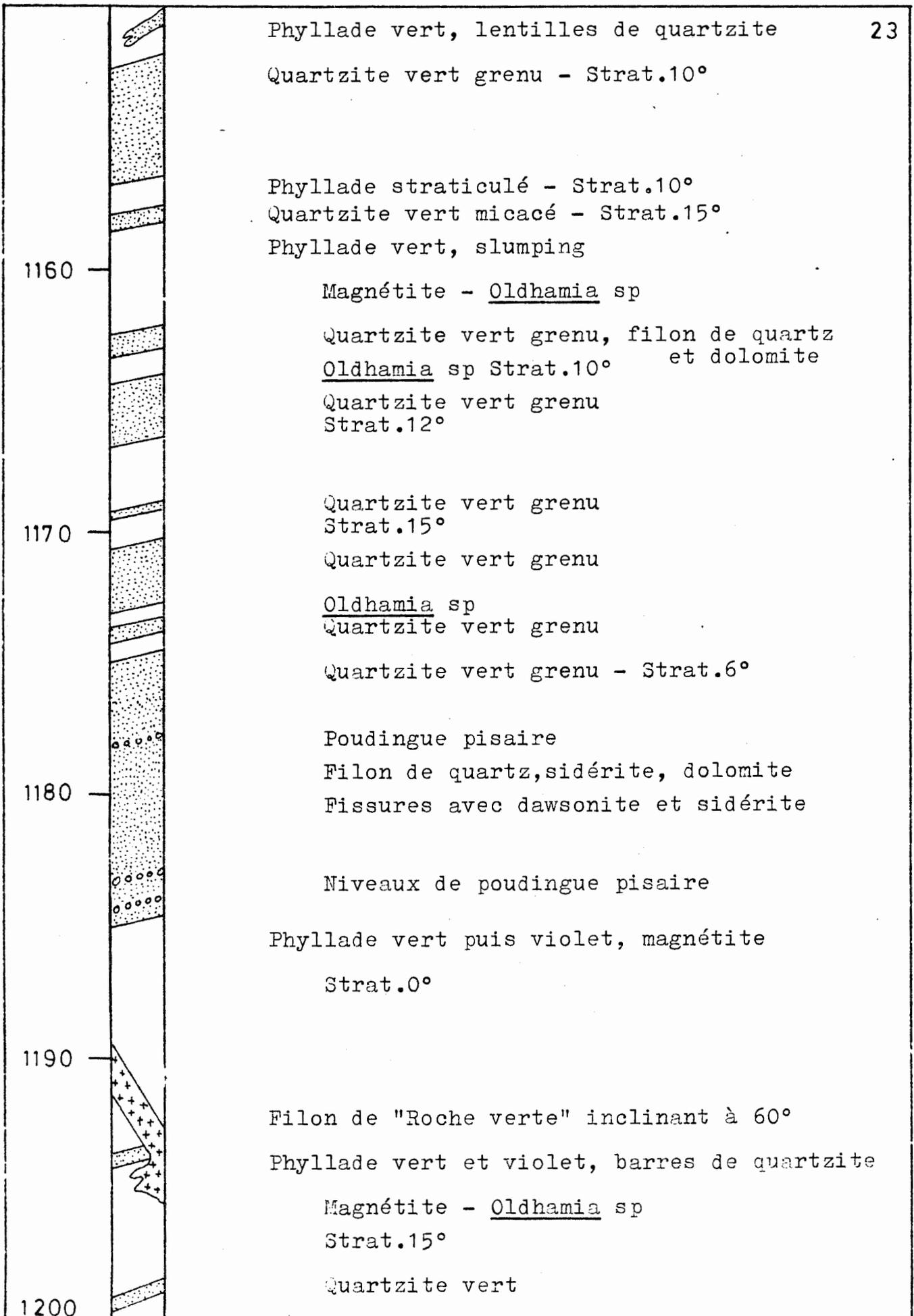


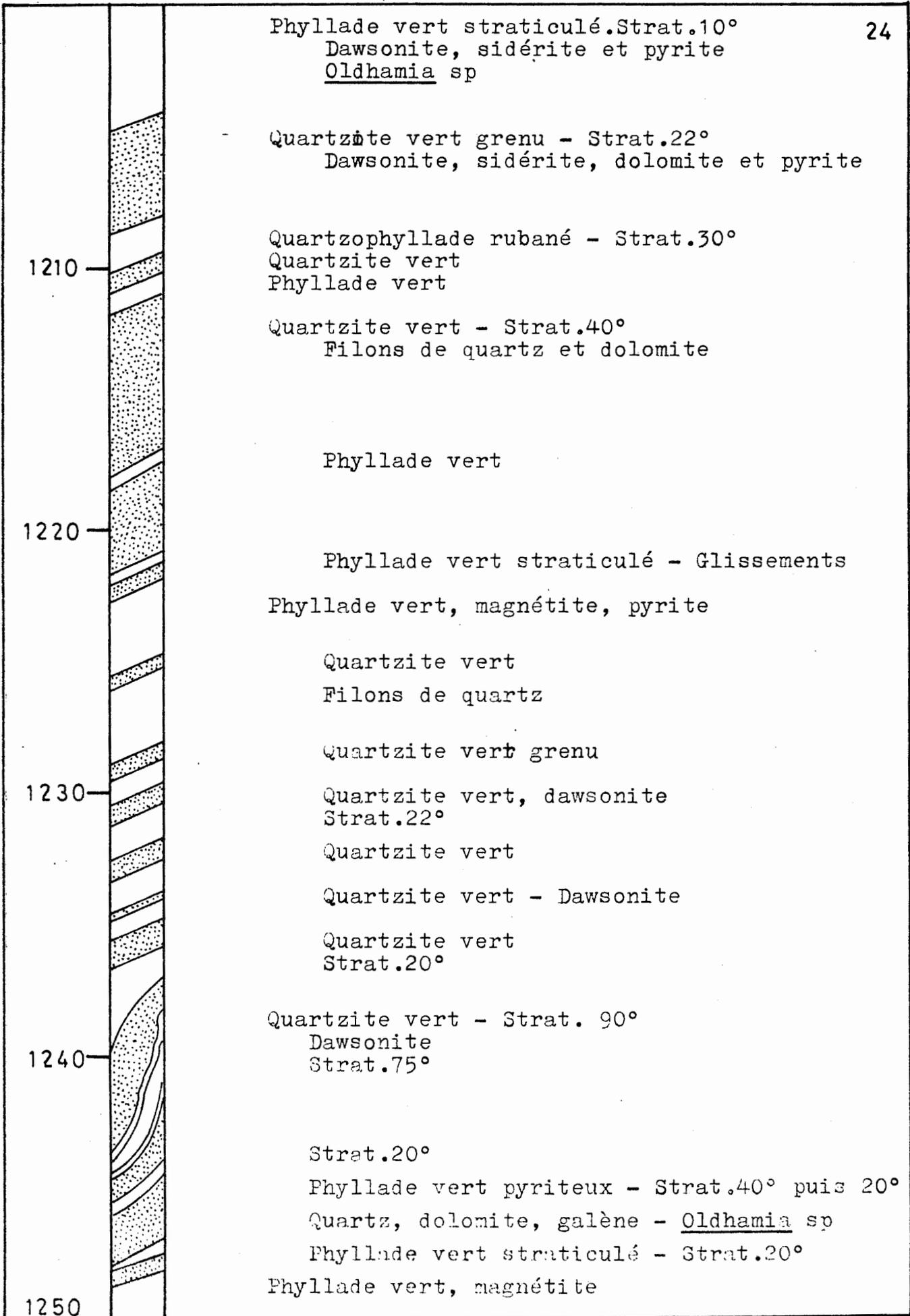


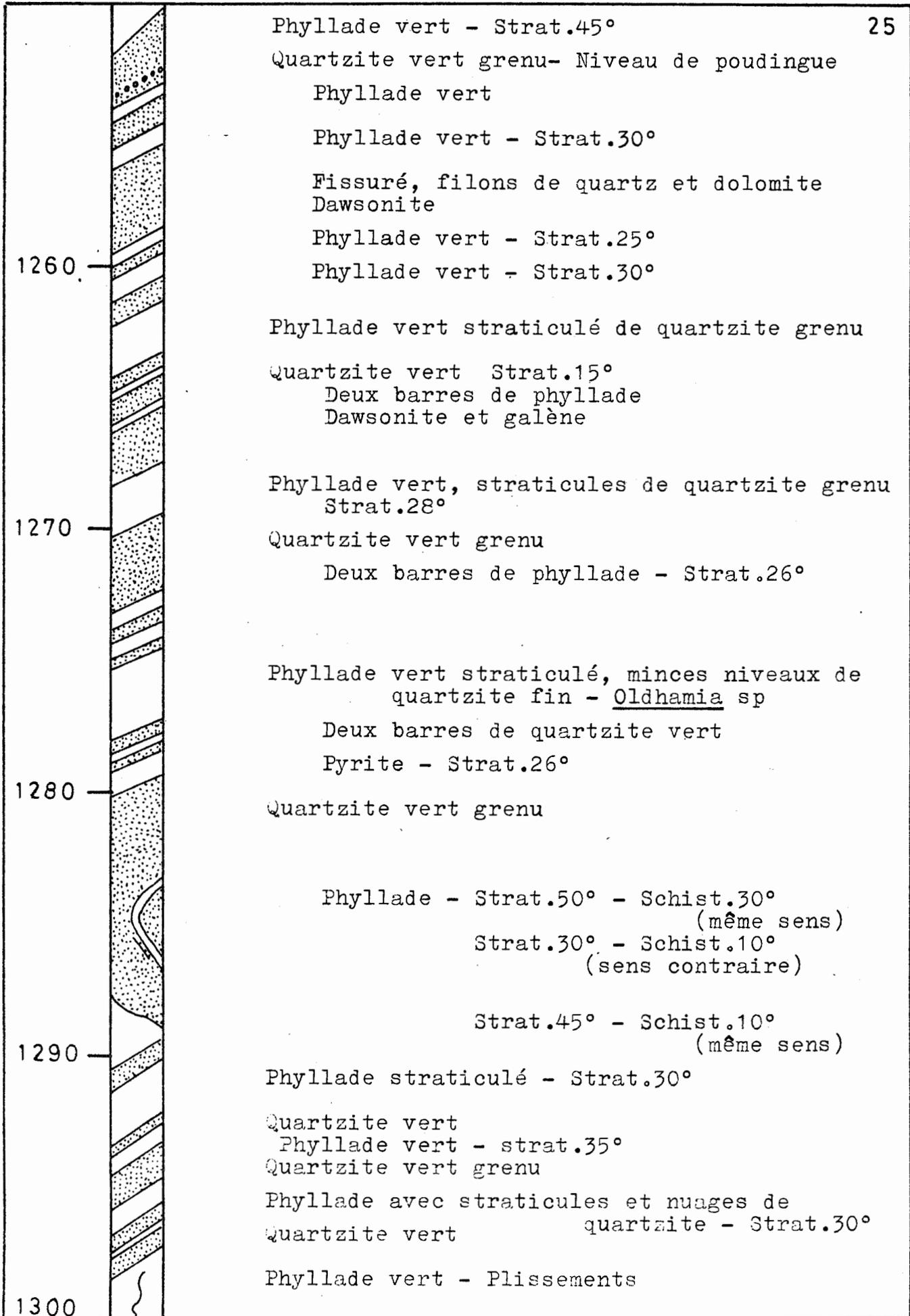


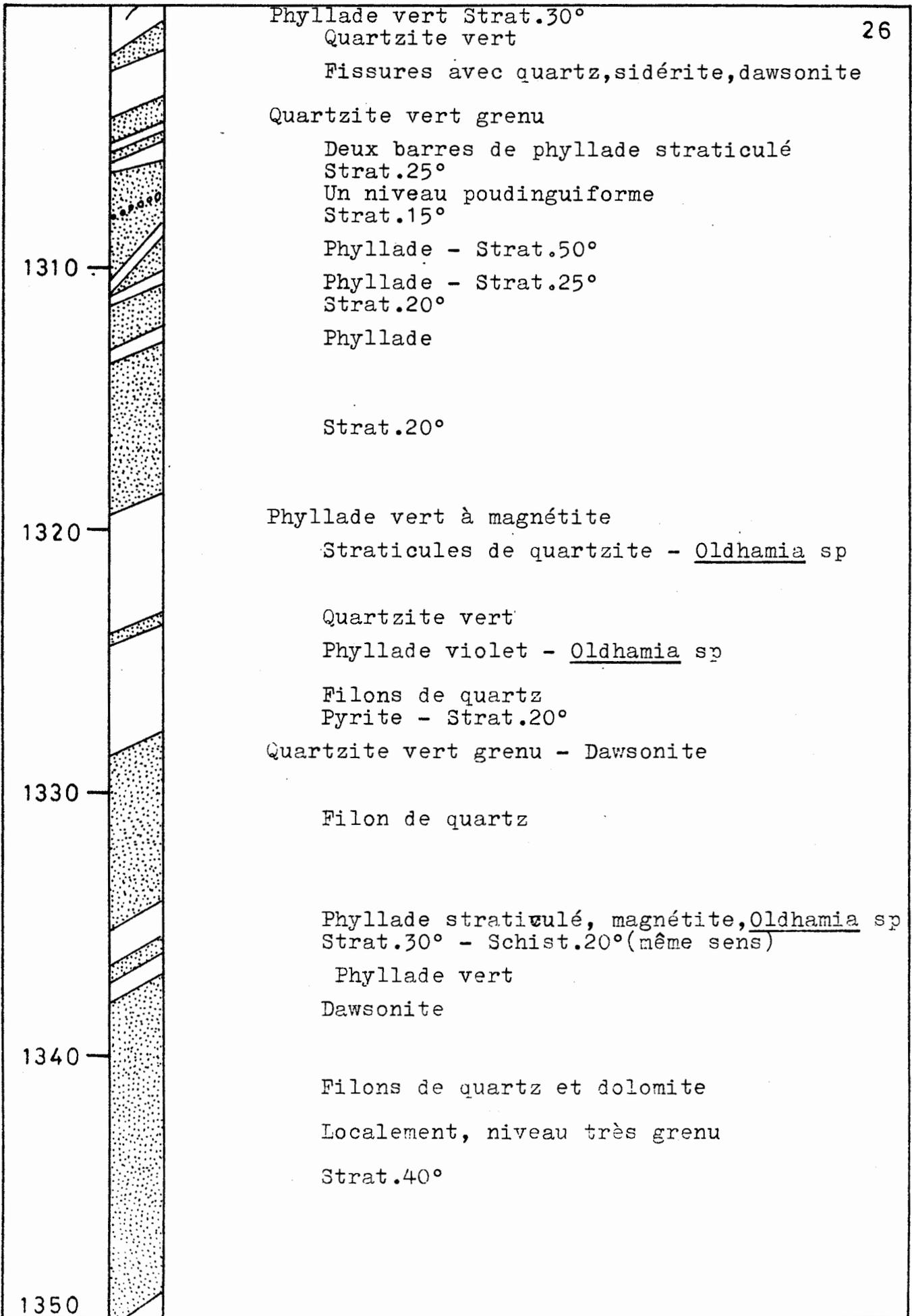


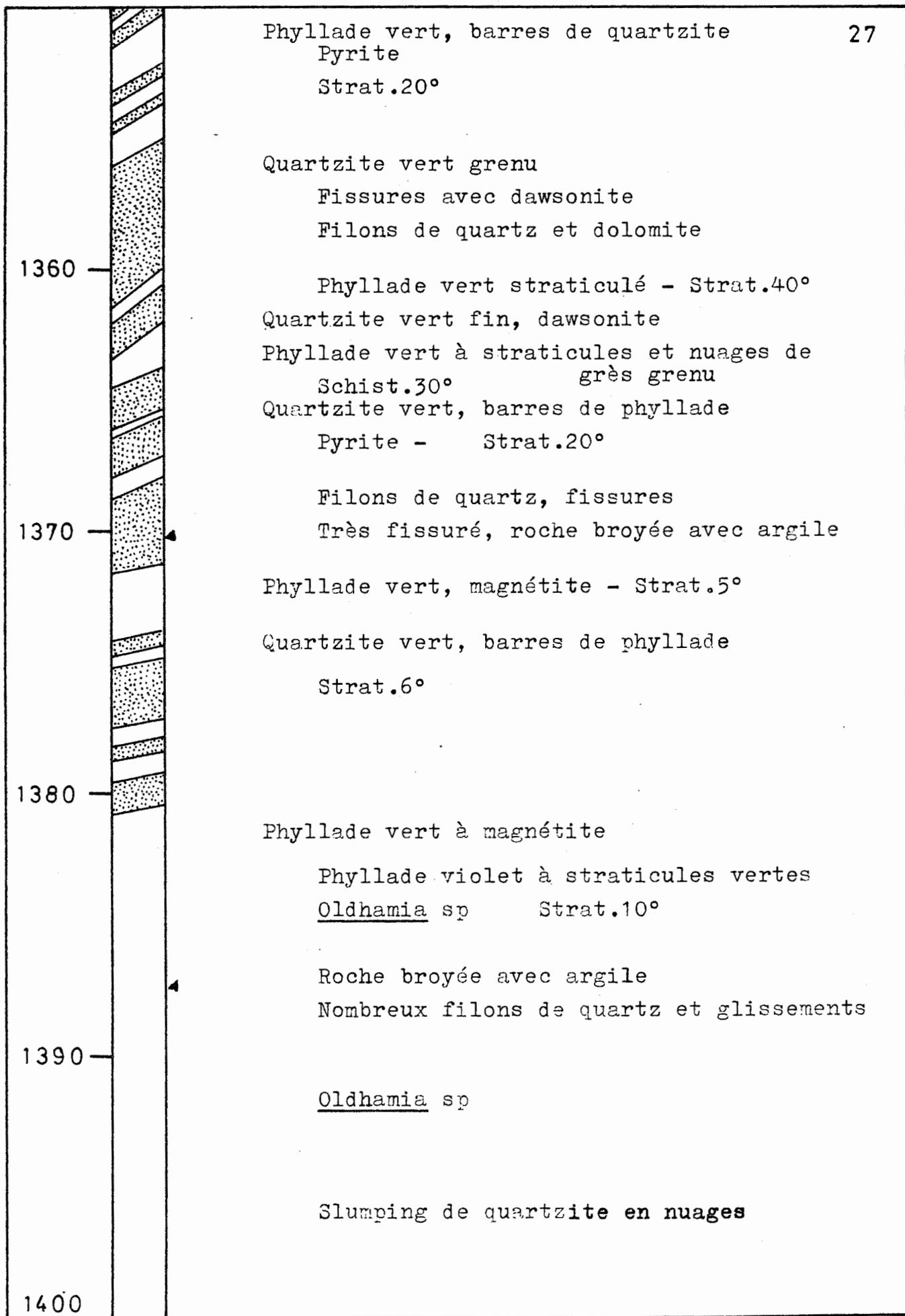


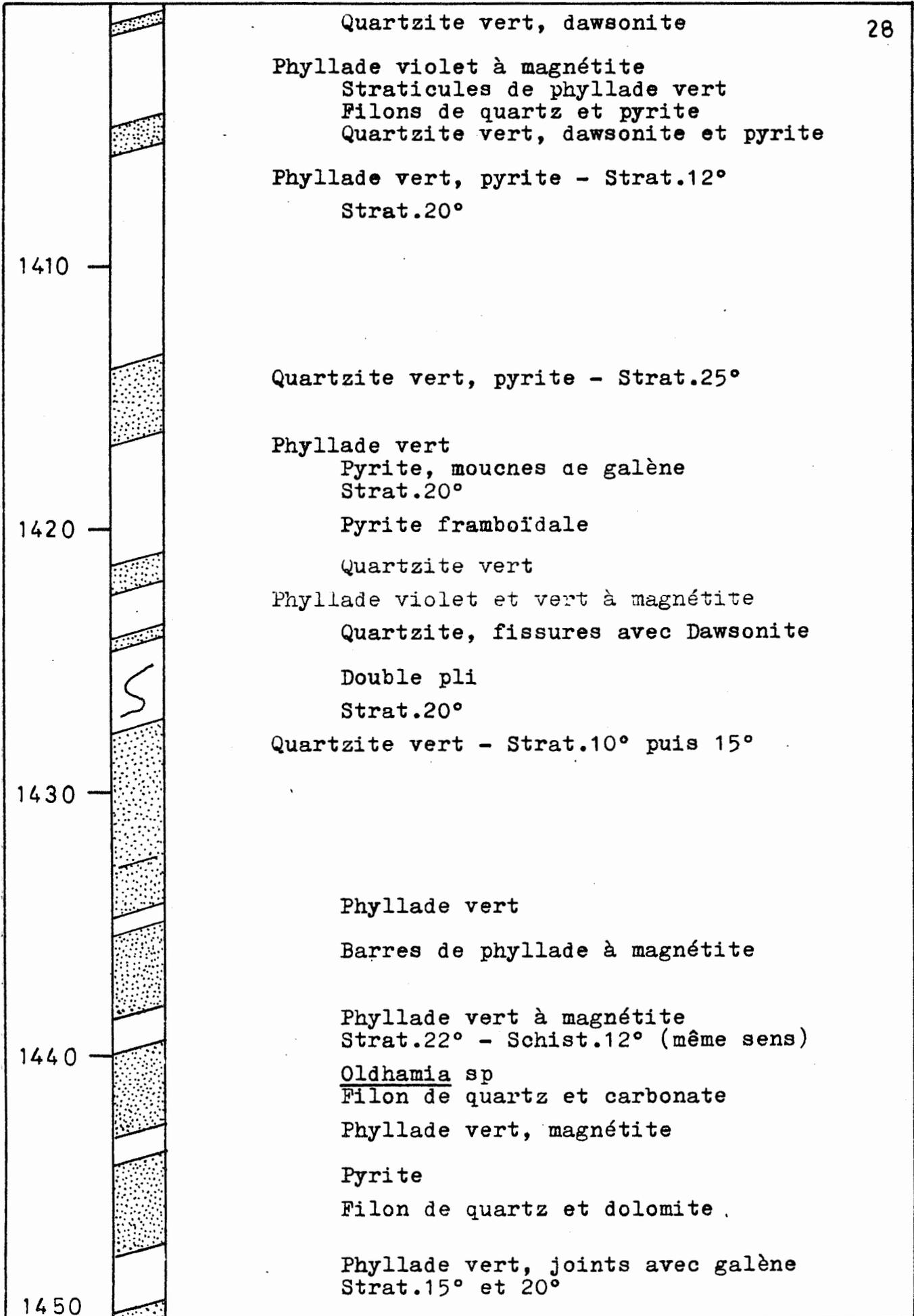


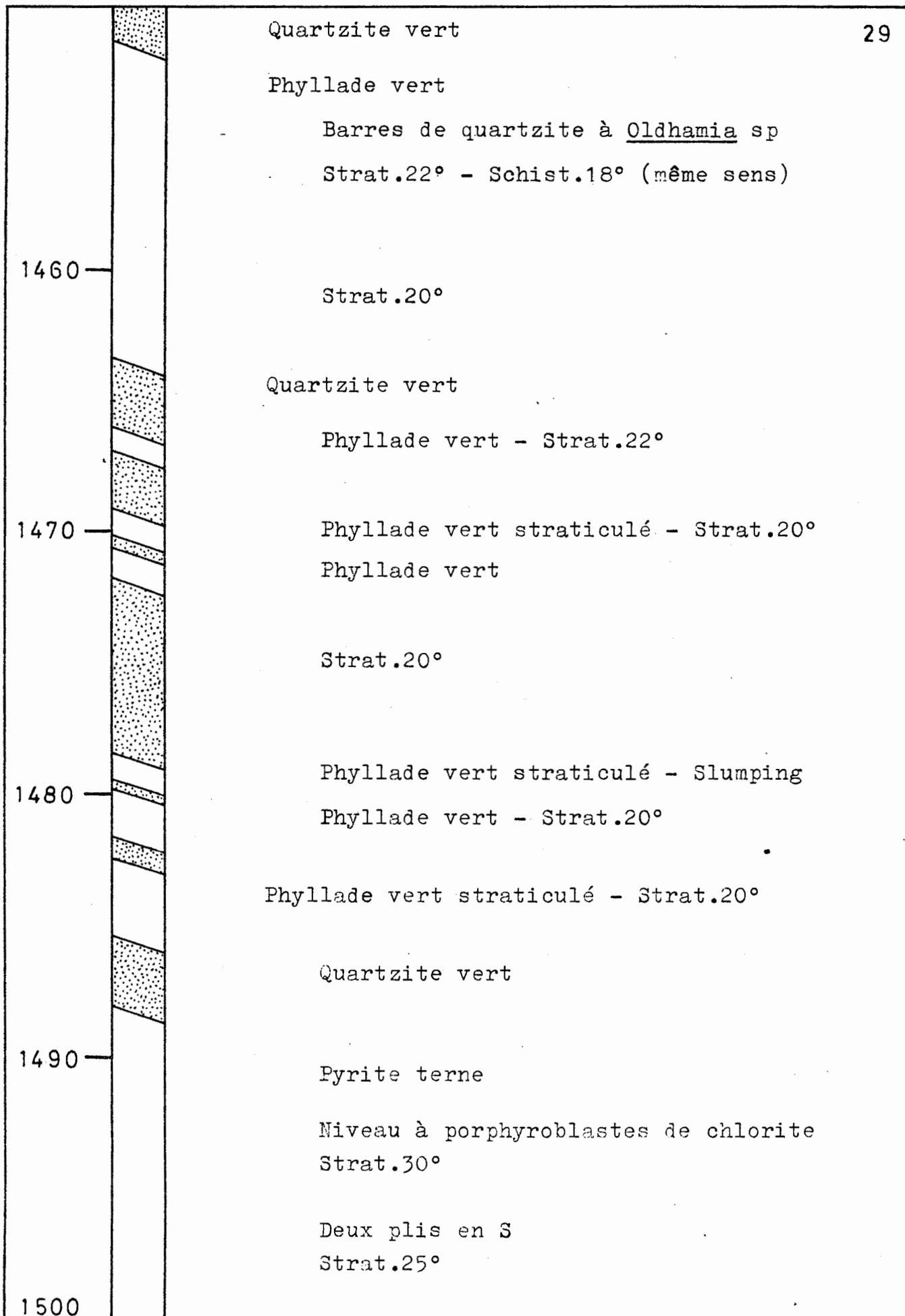


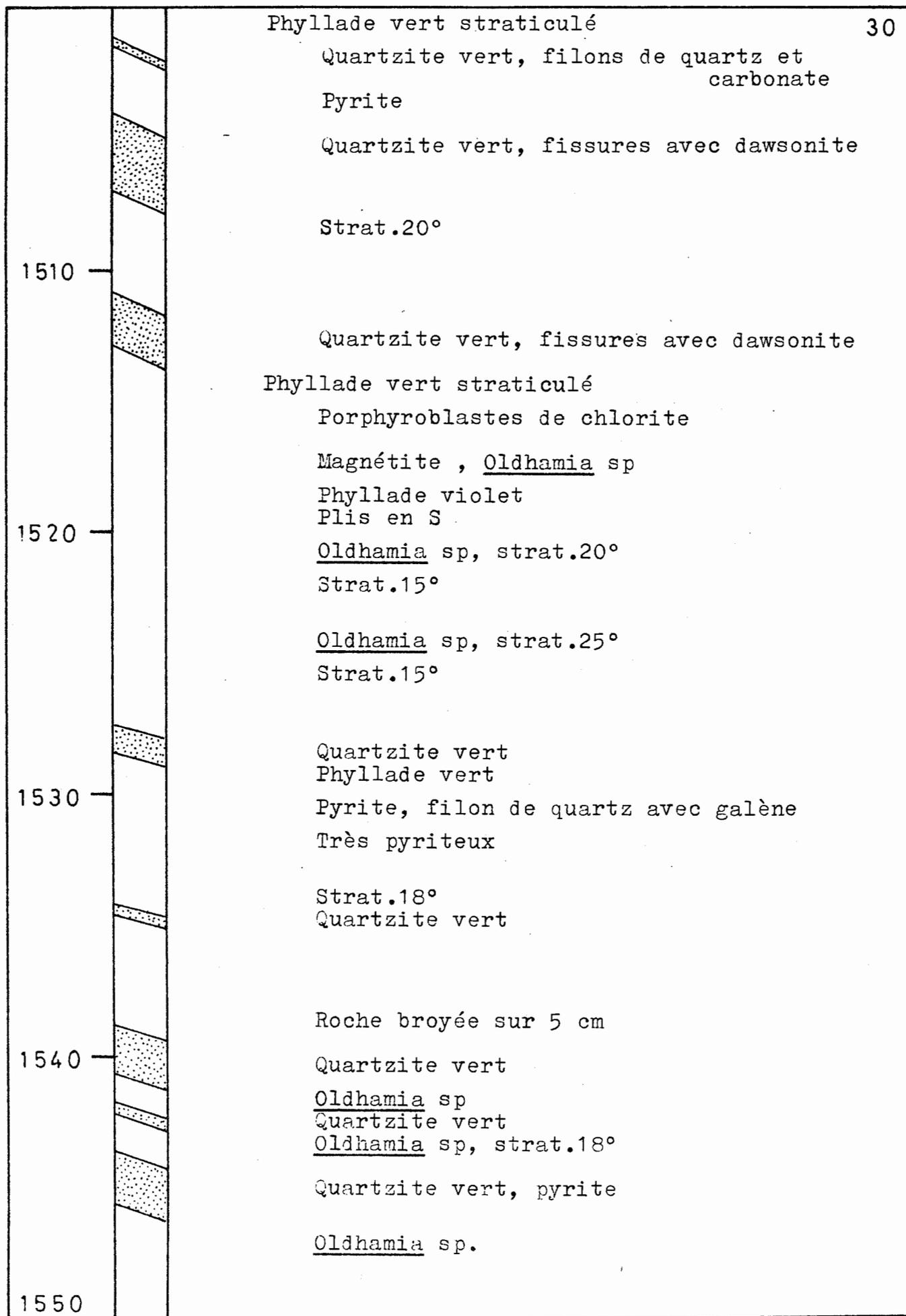


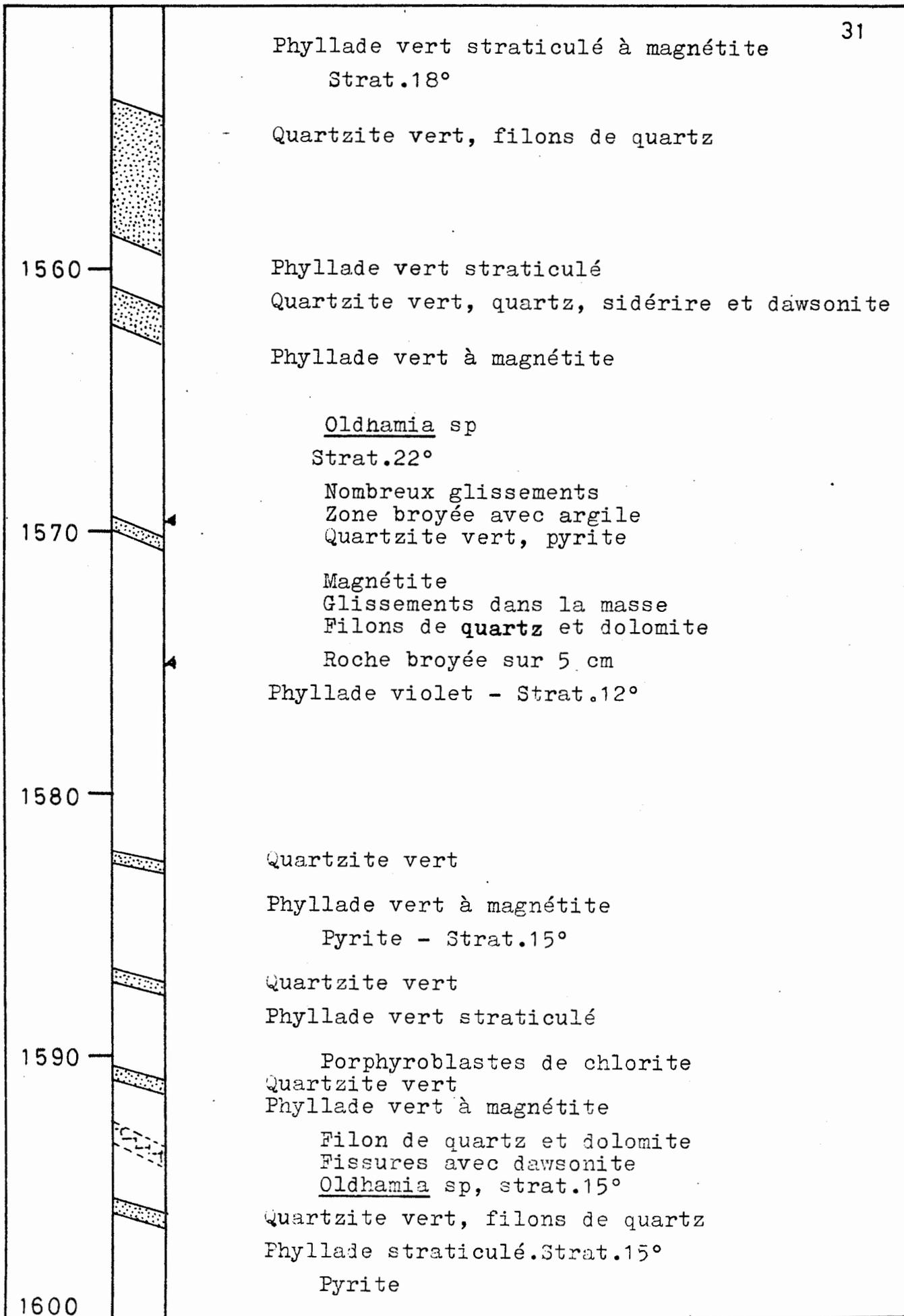


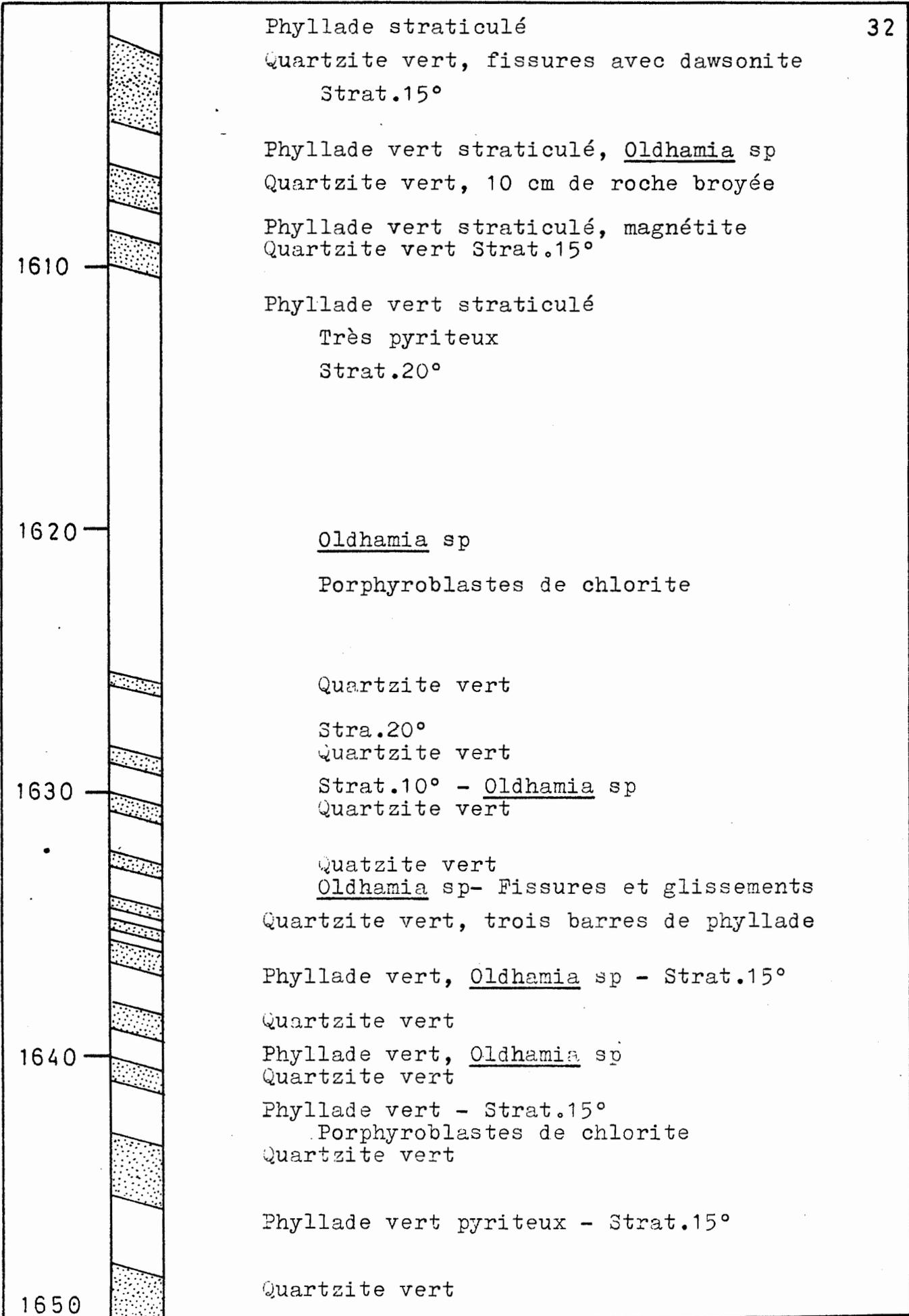


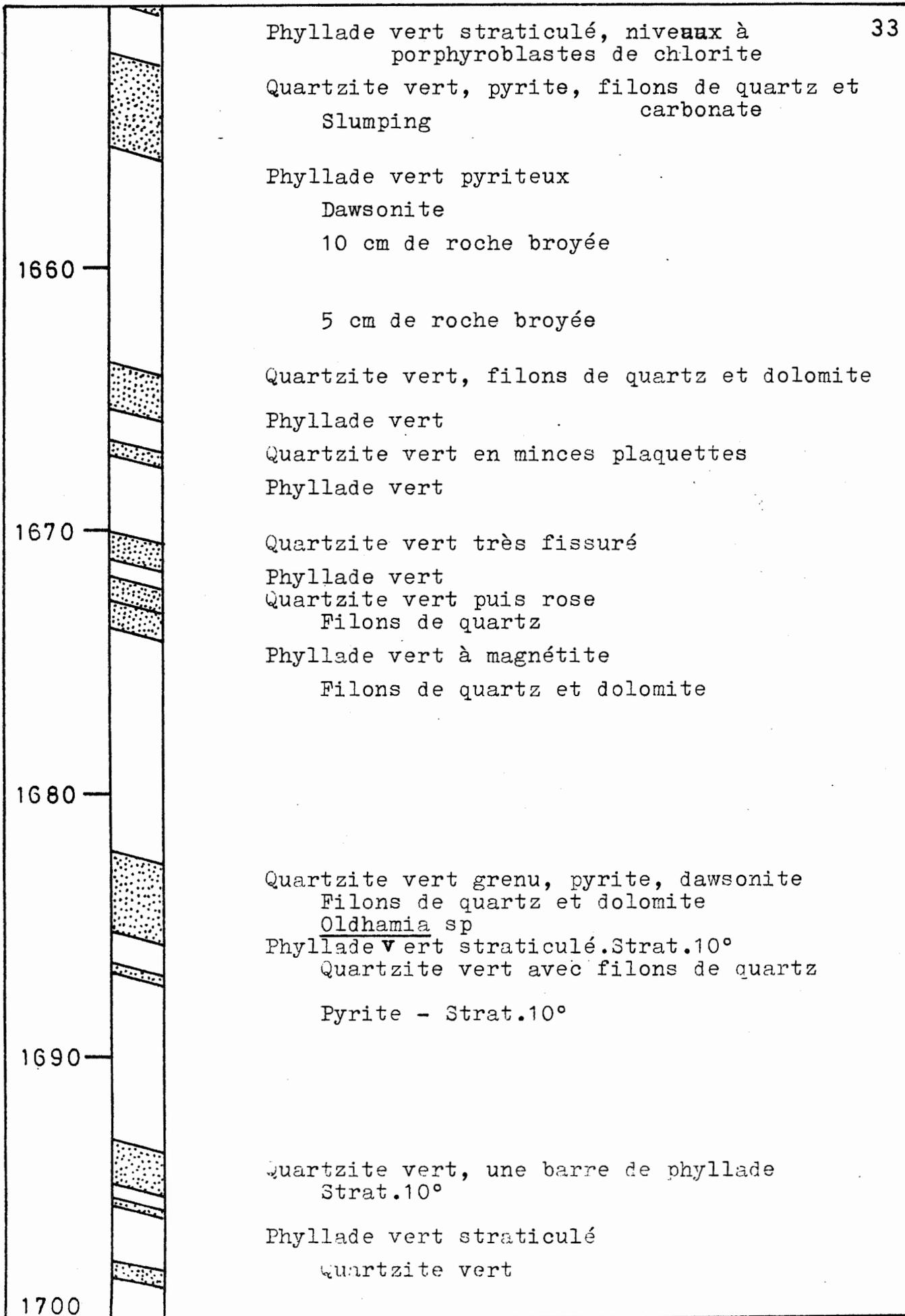


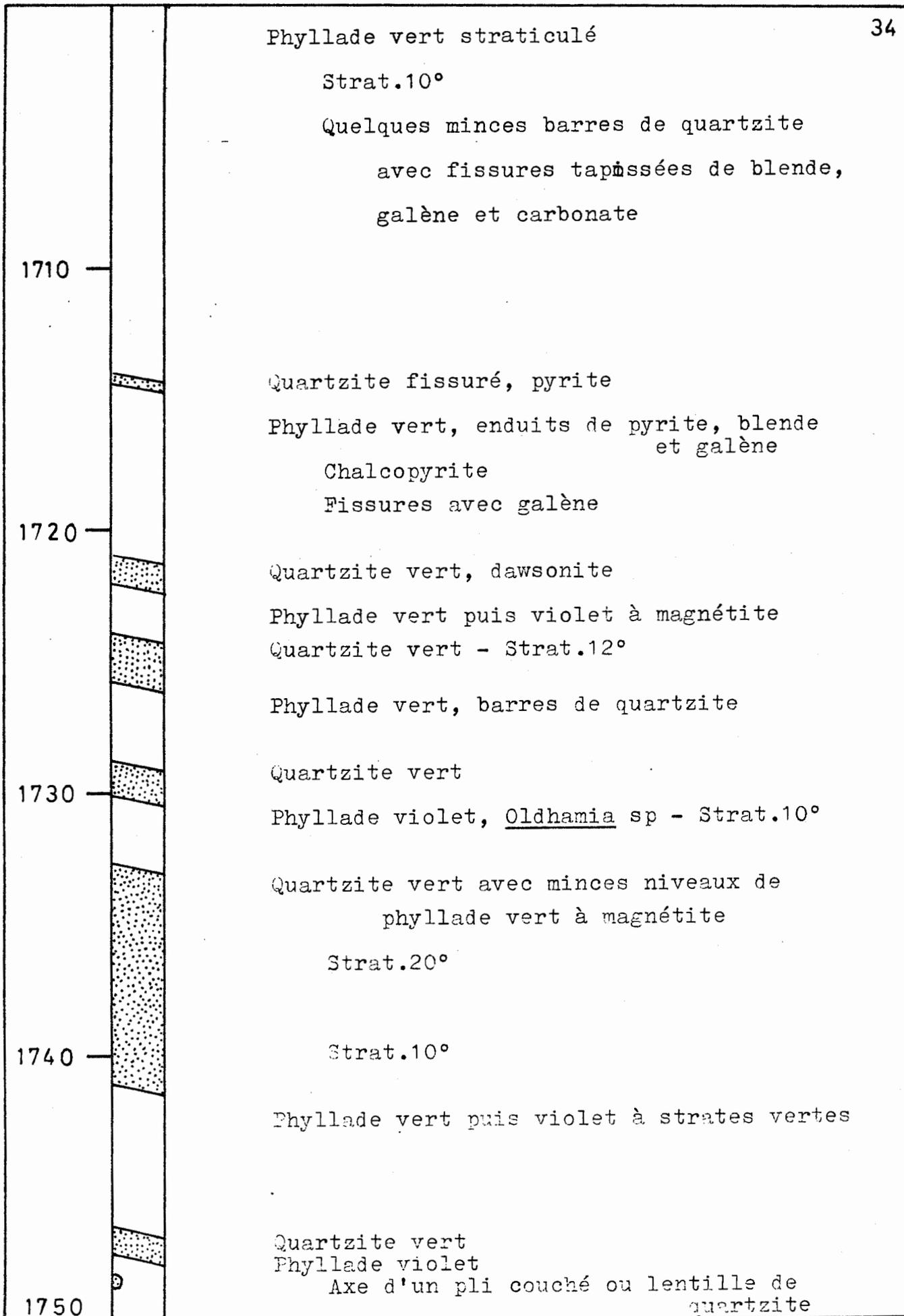


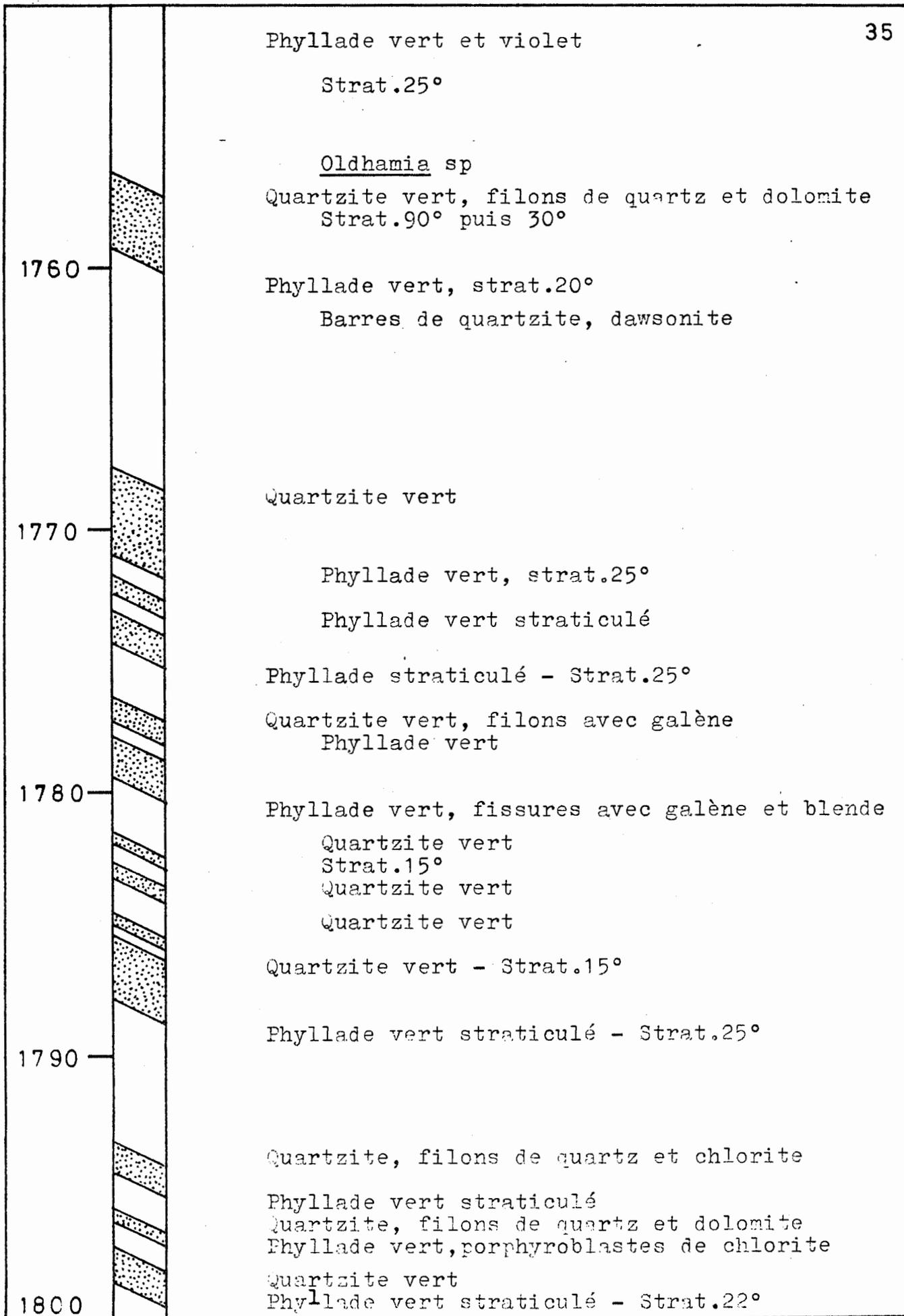


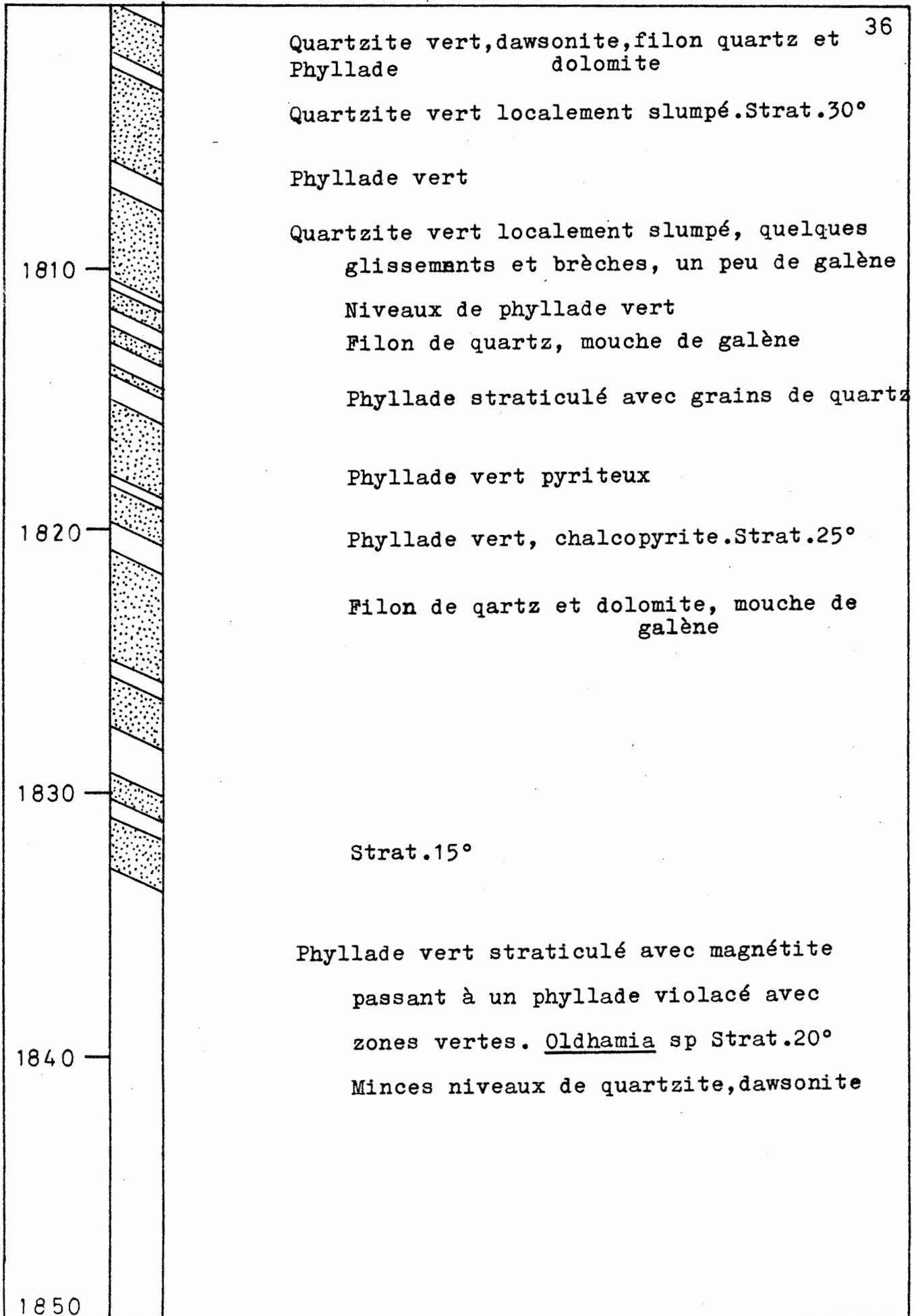












Phyllade violacé à straticules vertes

Oldhamia sp

1860

Quartzite avec niveaux de phyllade violacé

Phyllade violacé à straticules vertes

Strat.30°

1870

Quartzite vert

Phyllade vert et gris violacé
Porphyroblastes de chlorite.Strat.15°

Quartzite vert

Phyllade gris violacé, magnétite
Quartzite vert, filon de quartz, dolomite
et sidérite

1880

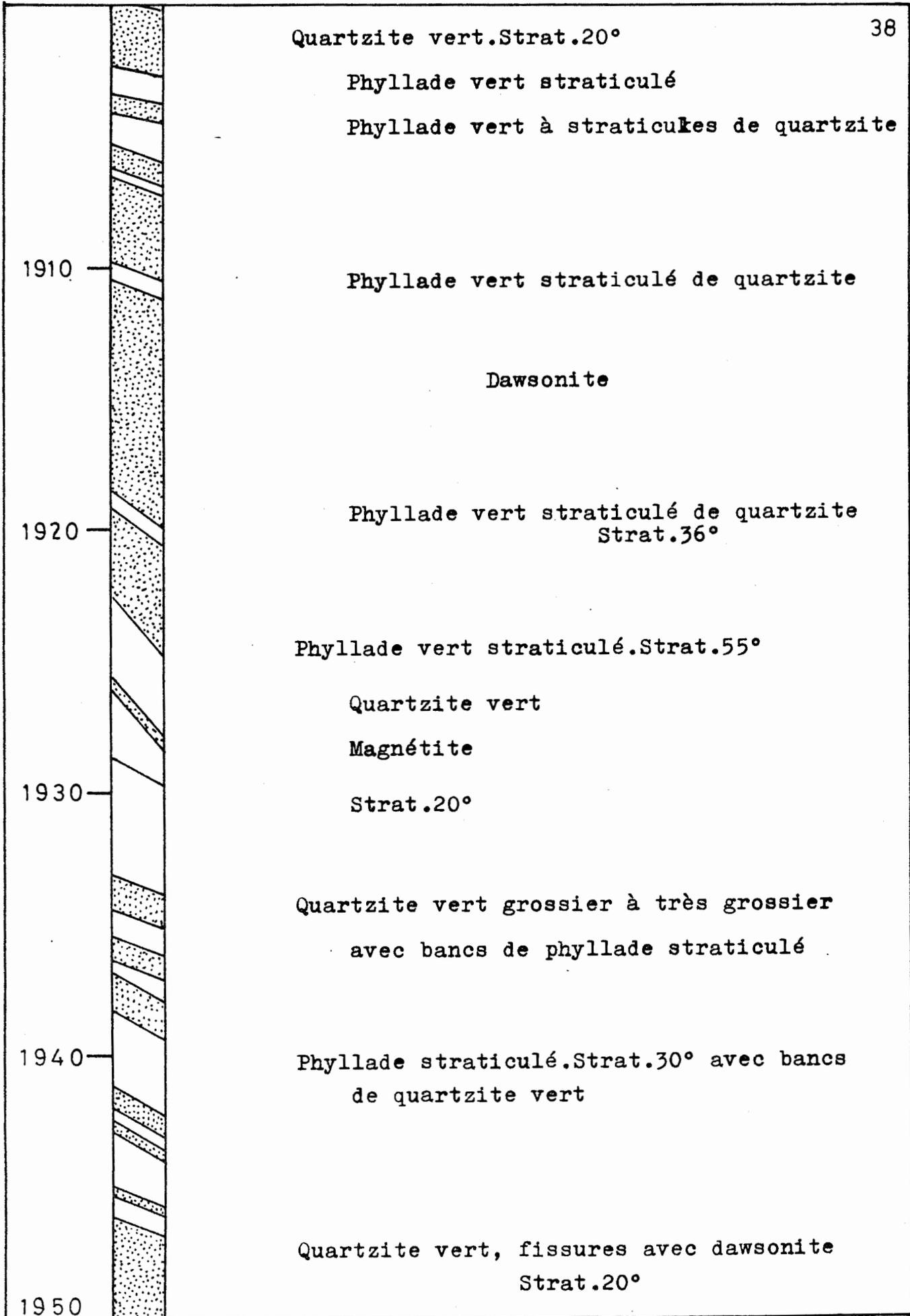
Phyllade vert et gris violacé, magnétite

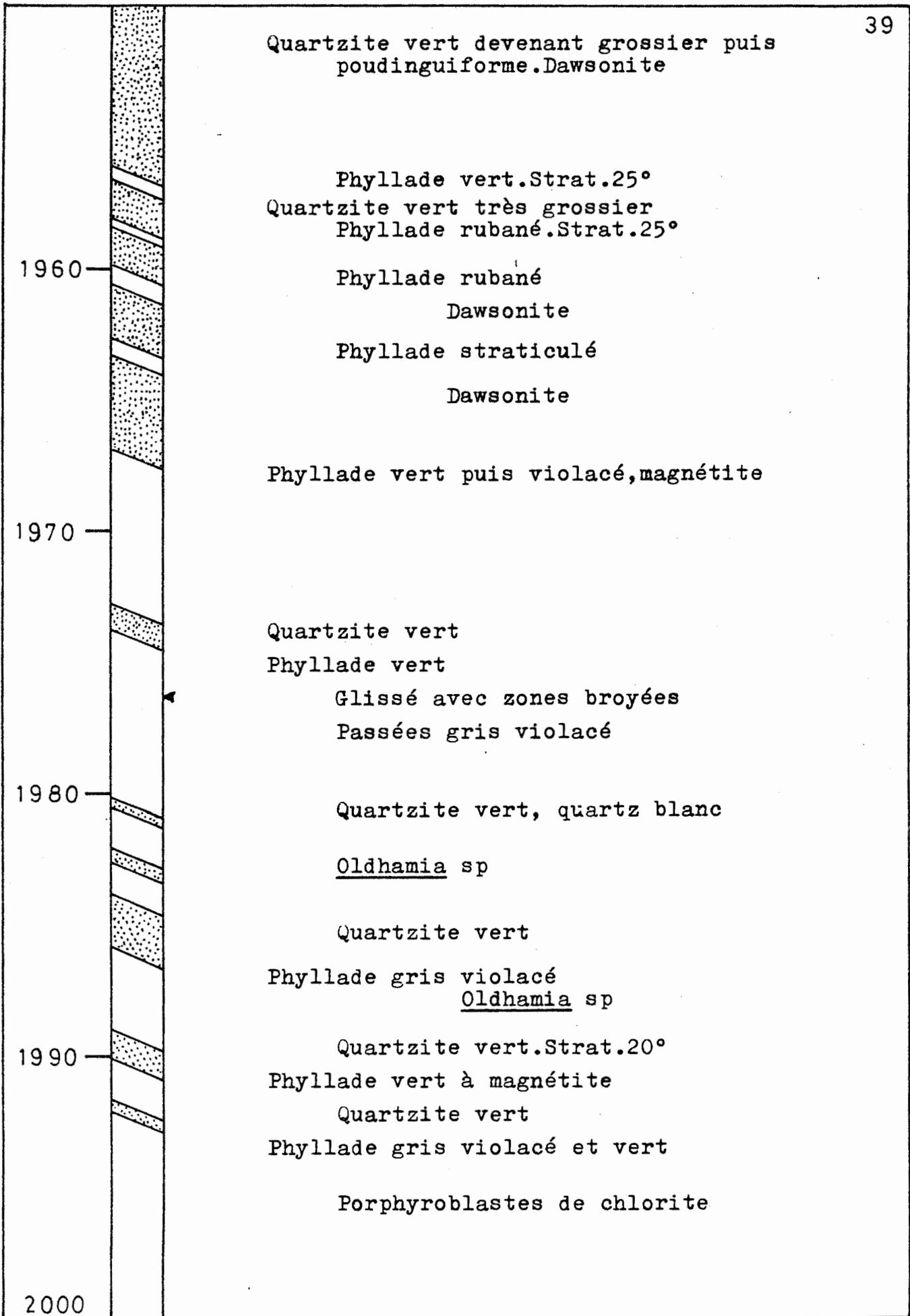
1890

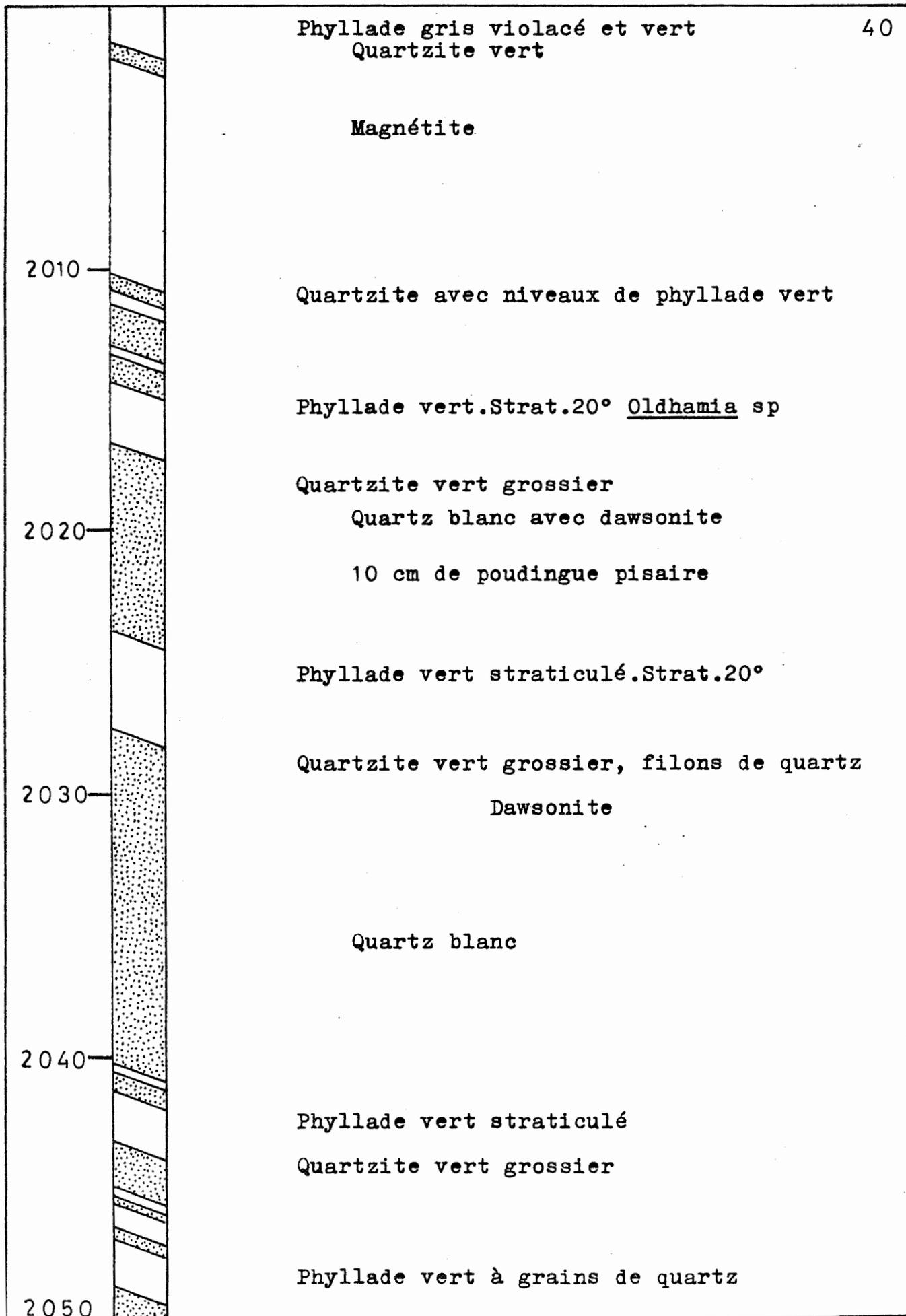
Quartzite vert grossier, galène, quelques
joints rouges, fissures avec dawsonite

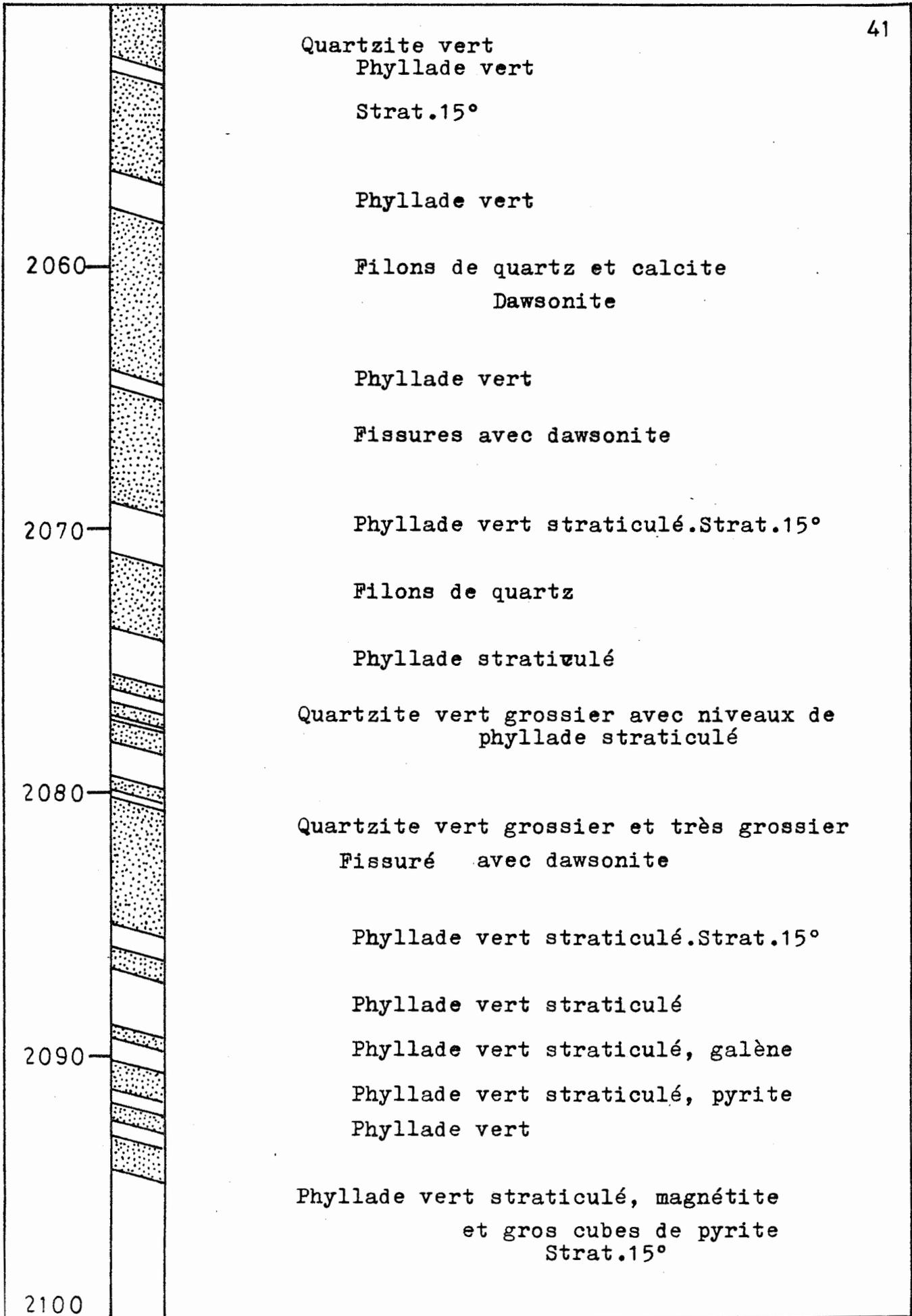
1900

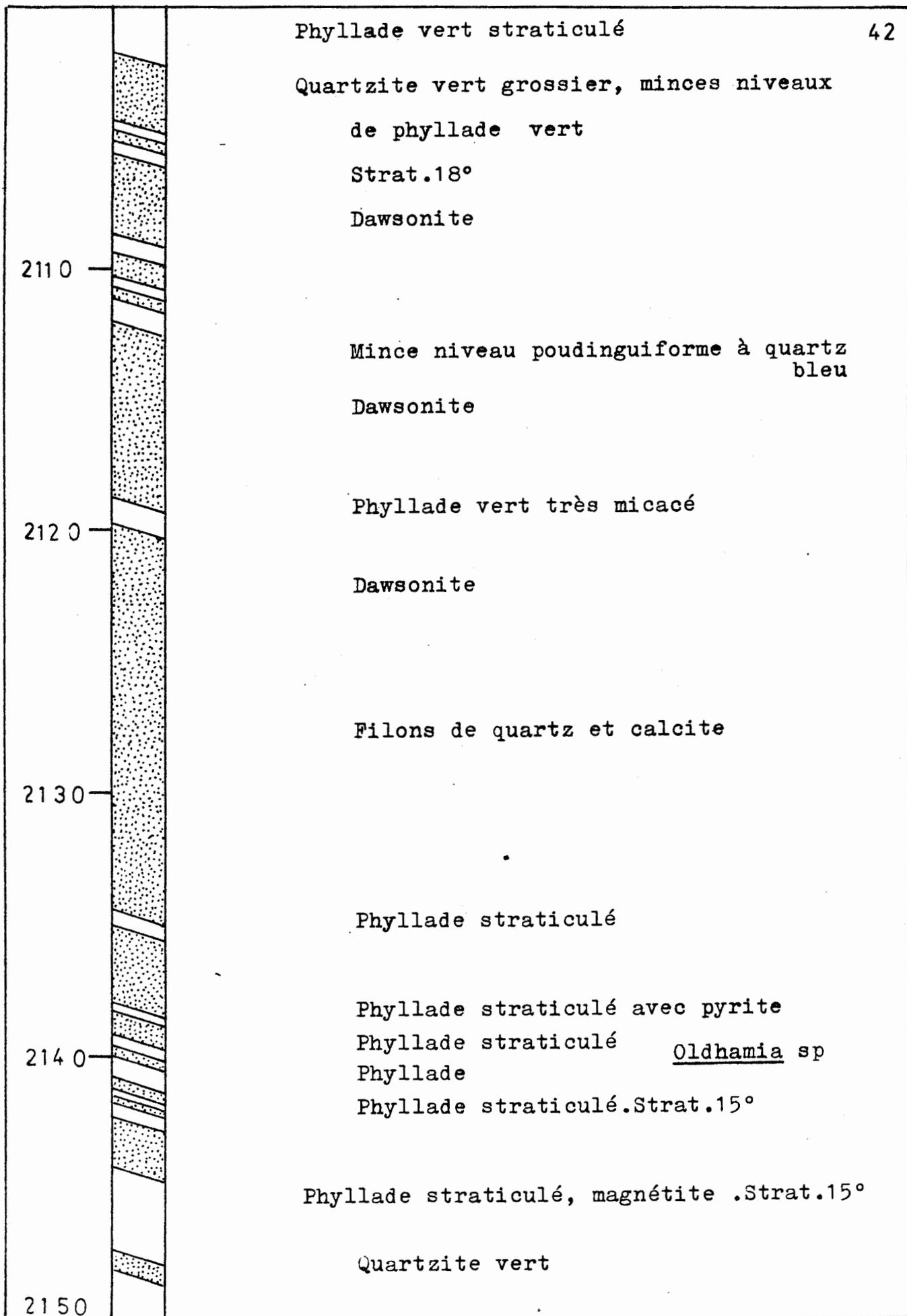
Roche éruptive verte devenant grenue

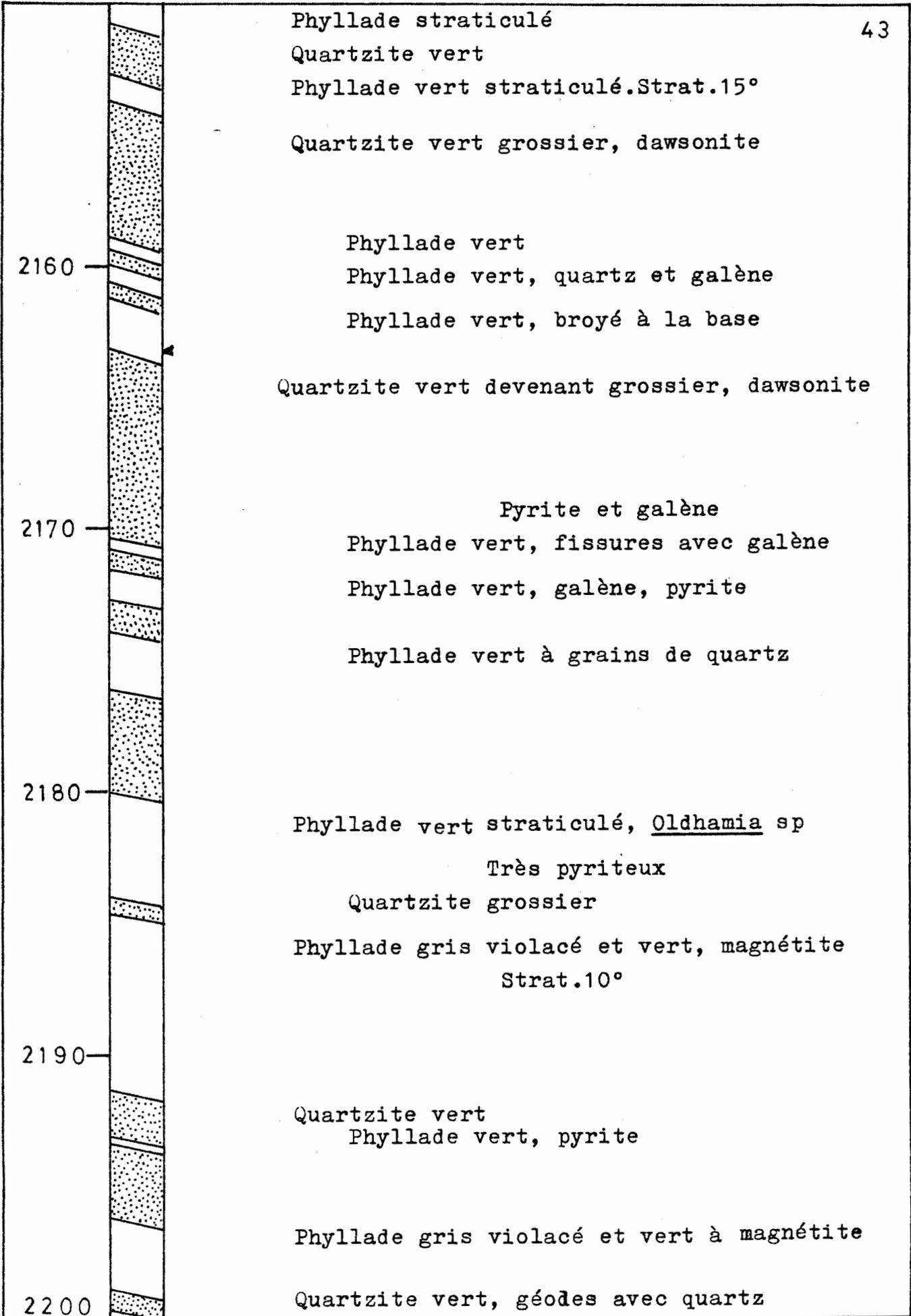


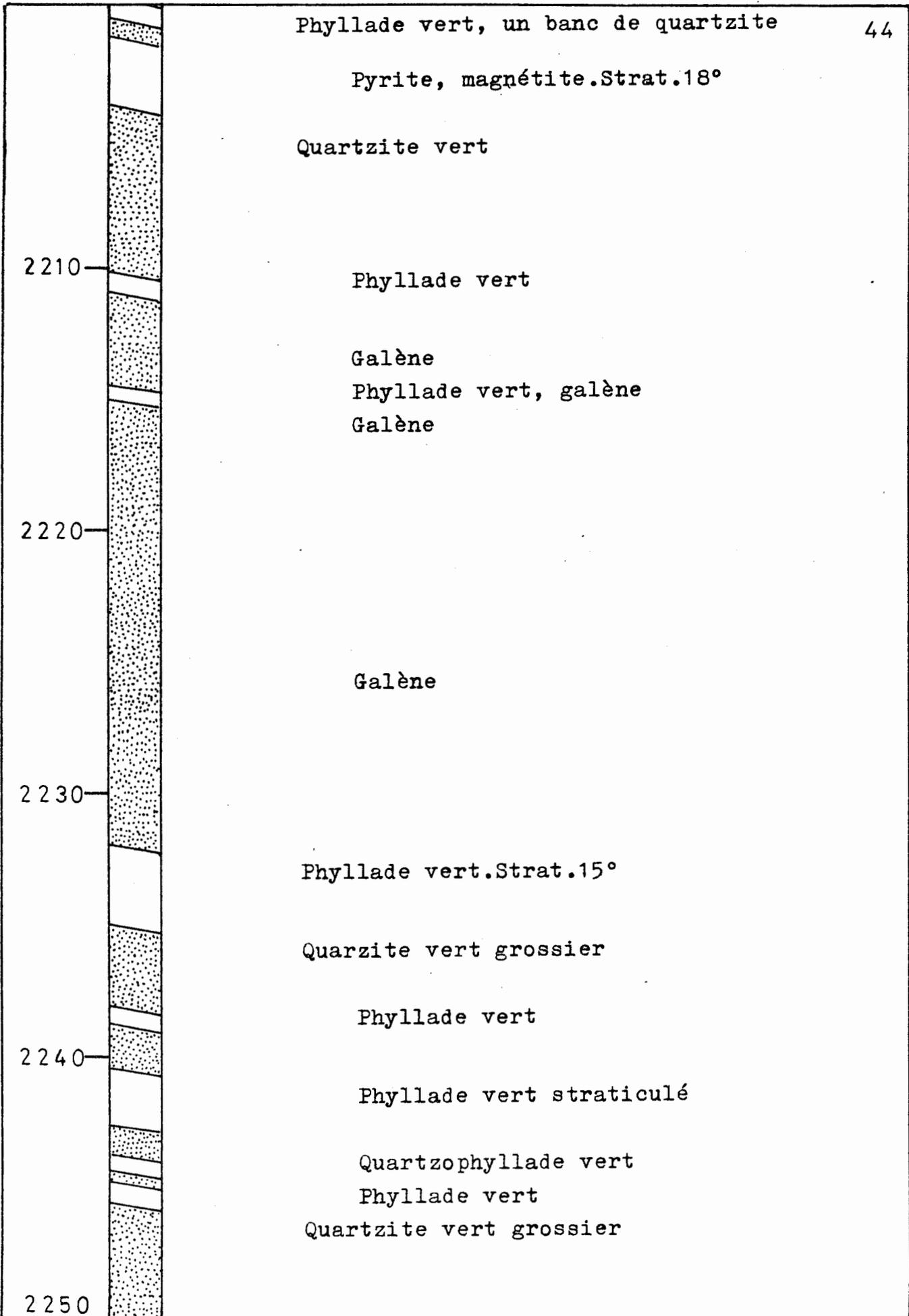


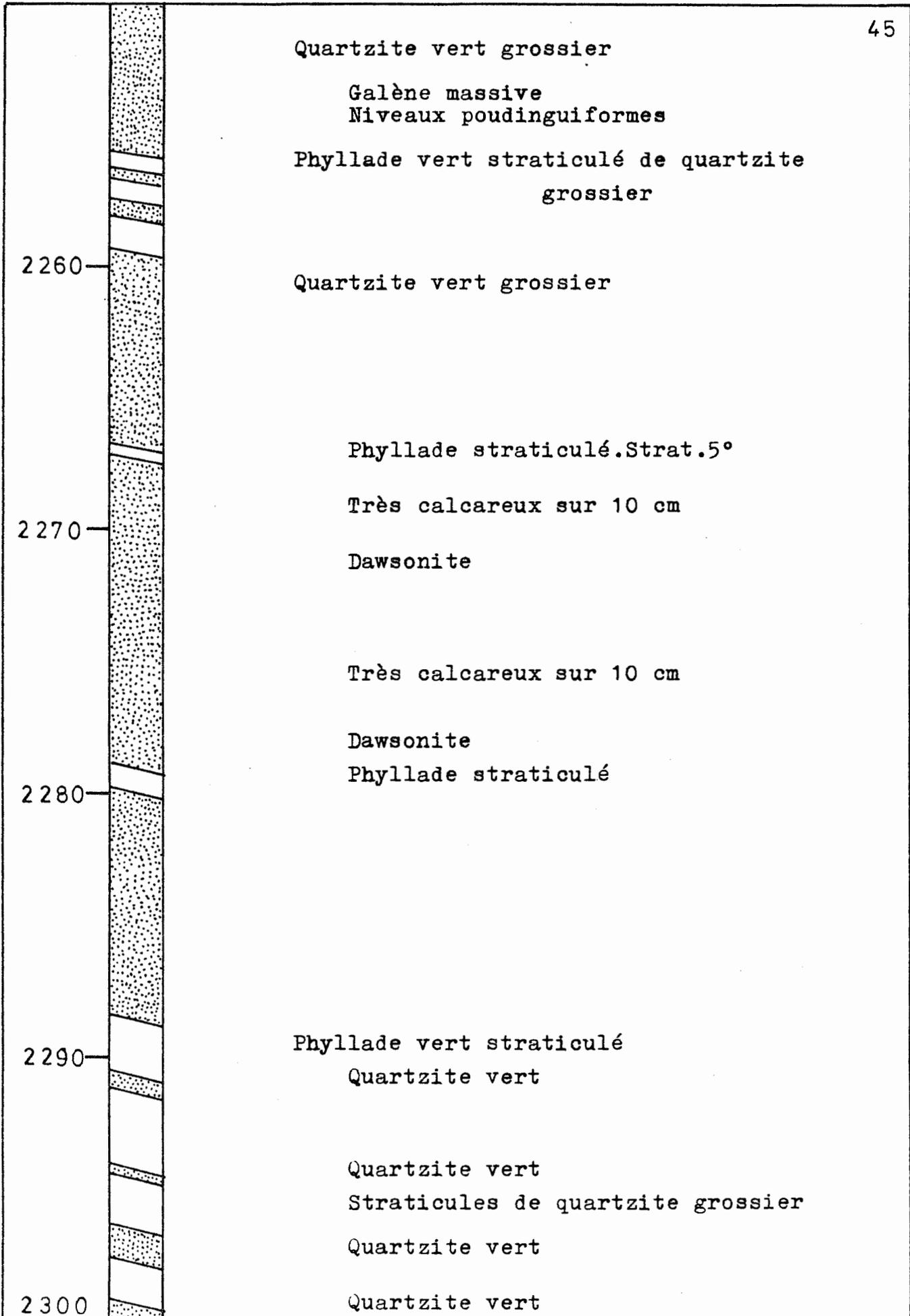


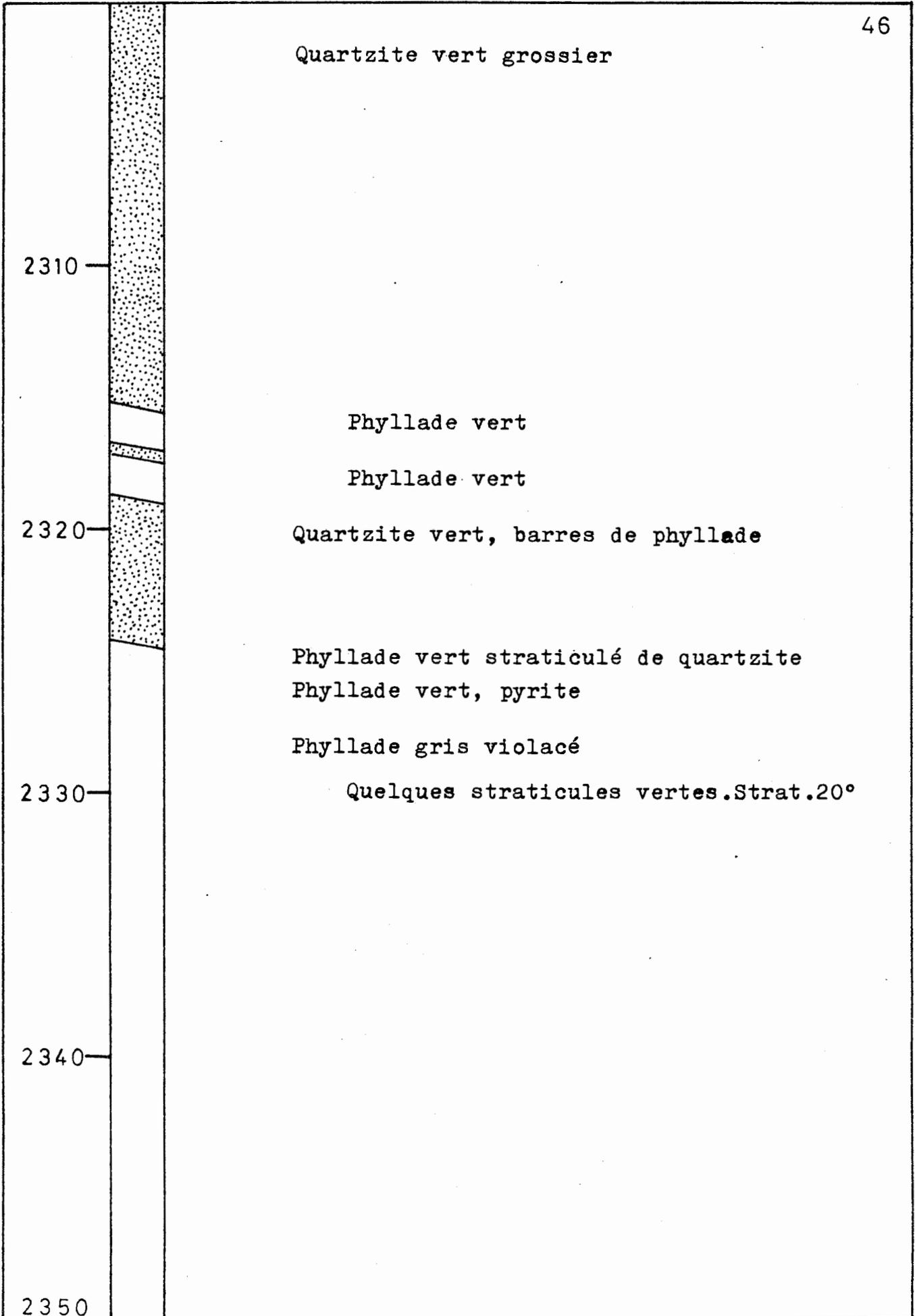


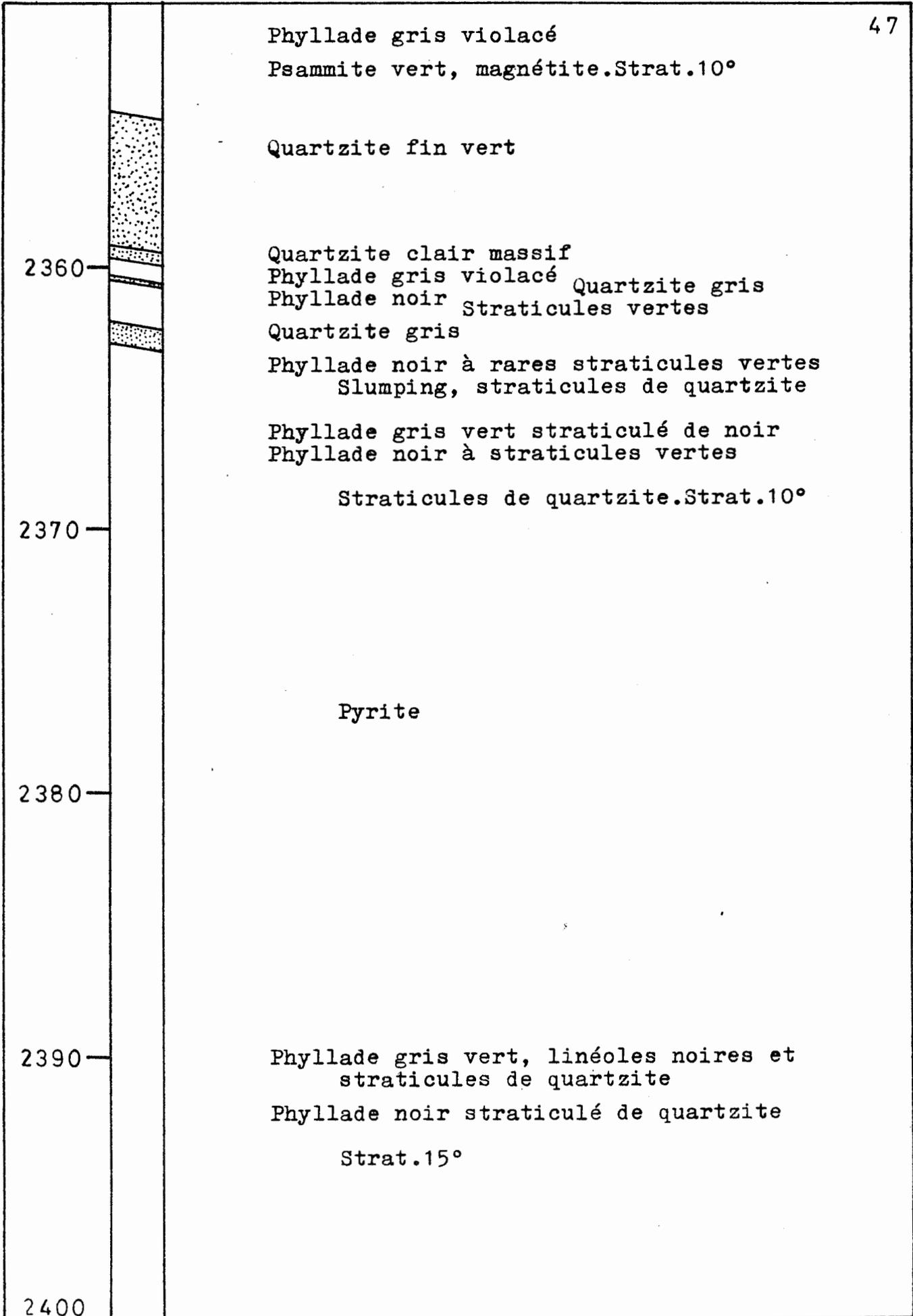


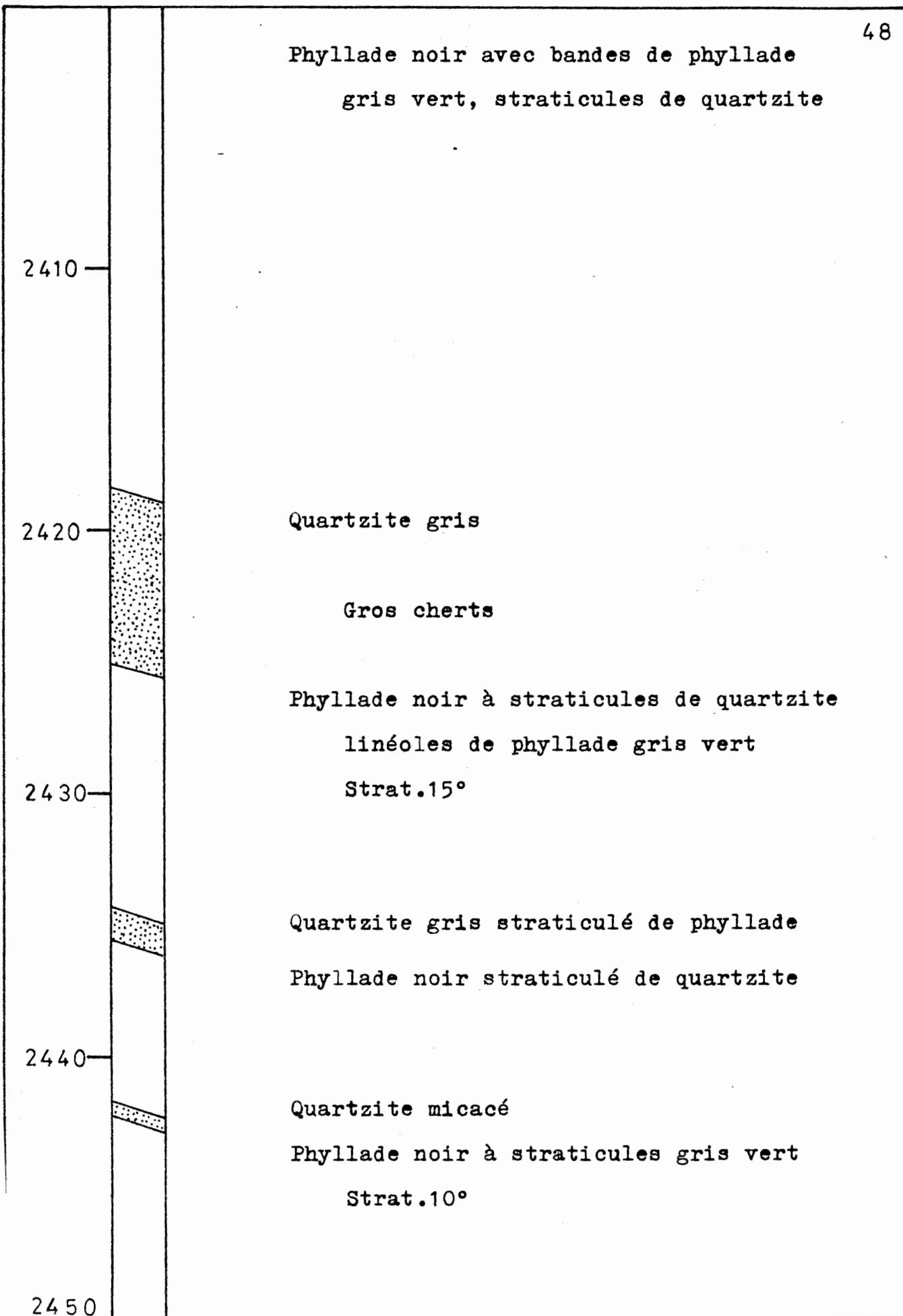


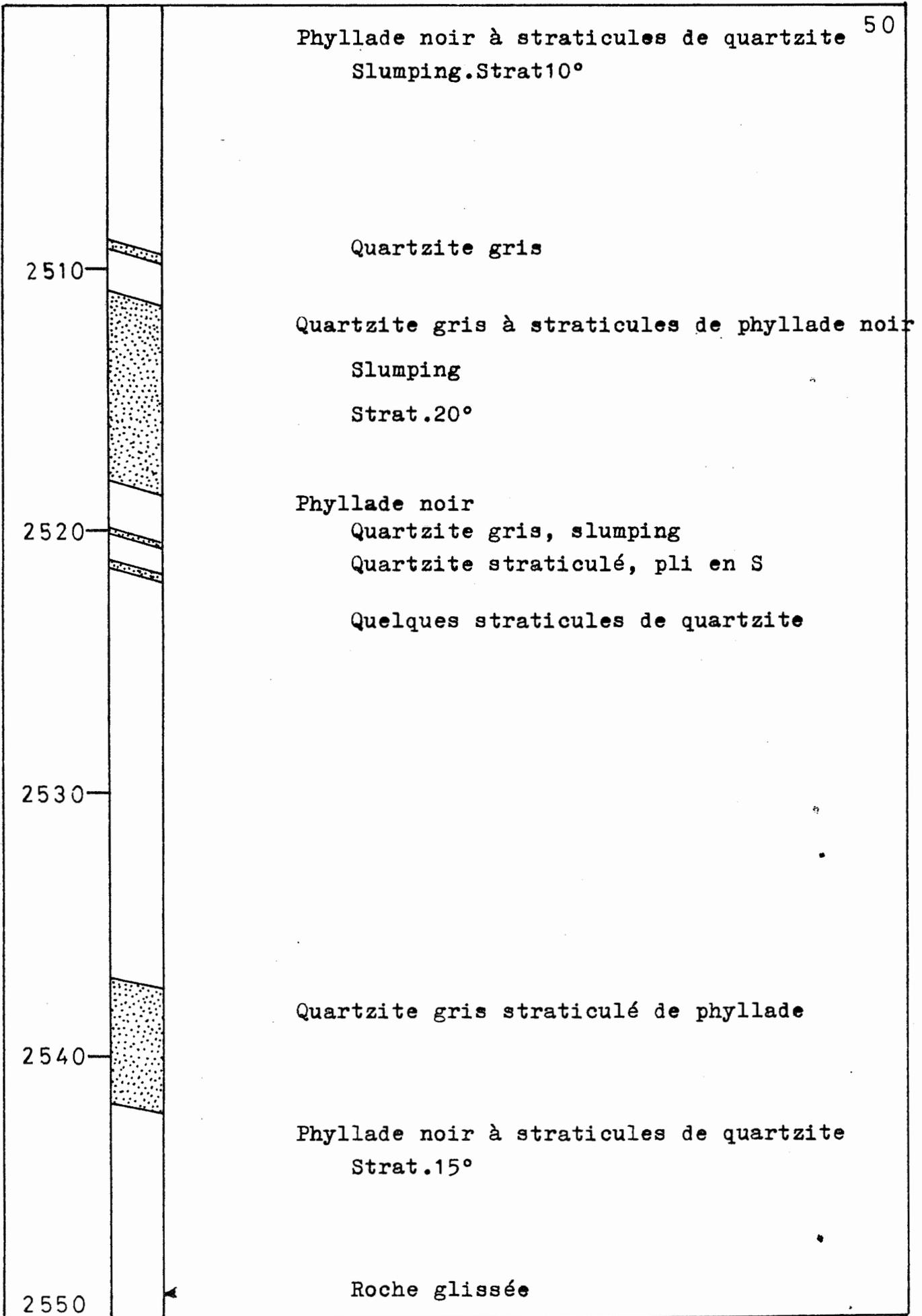


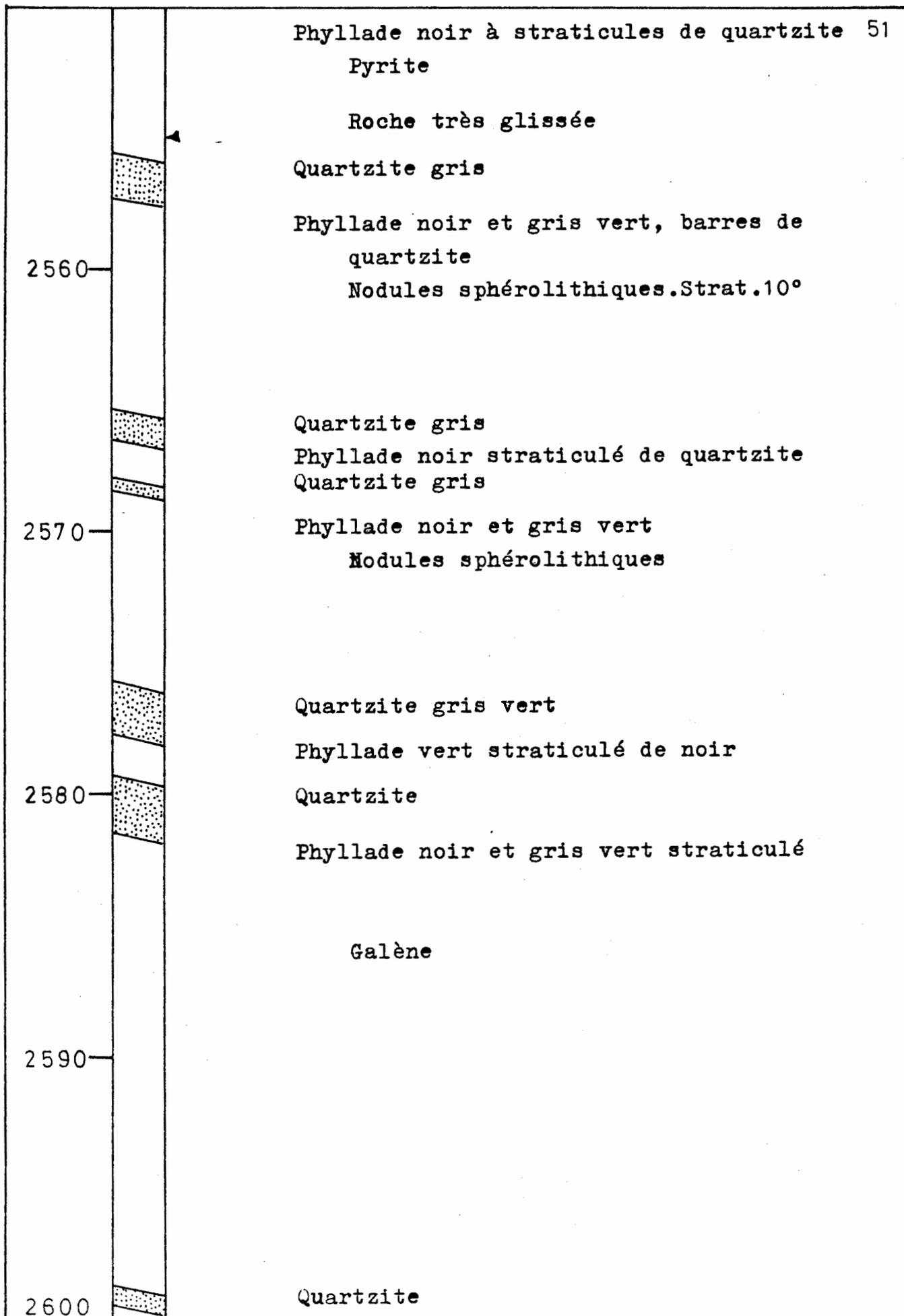


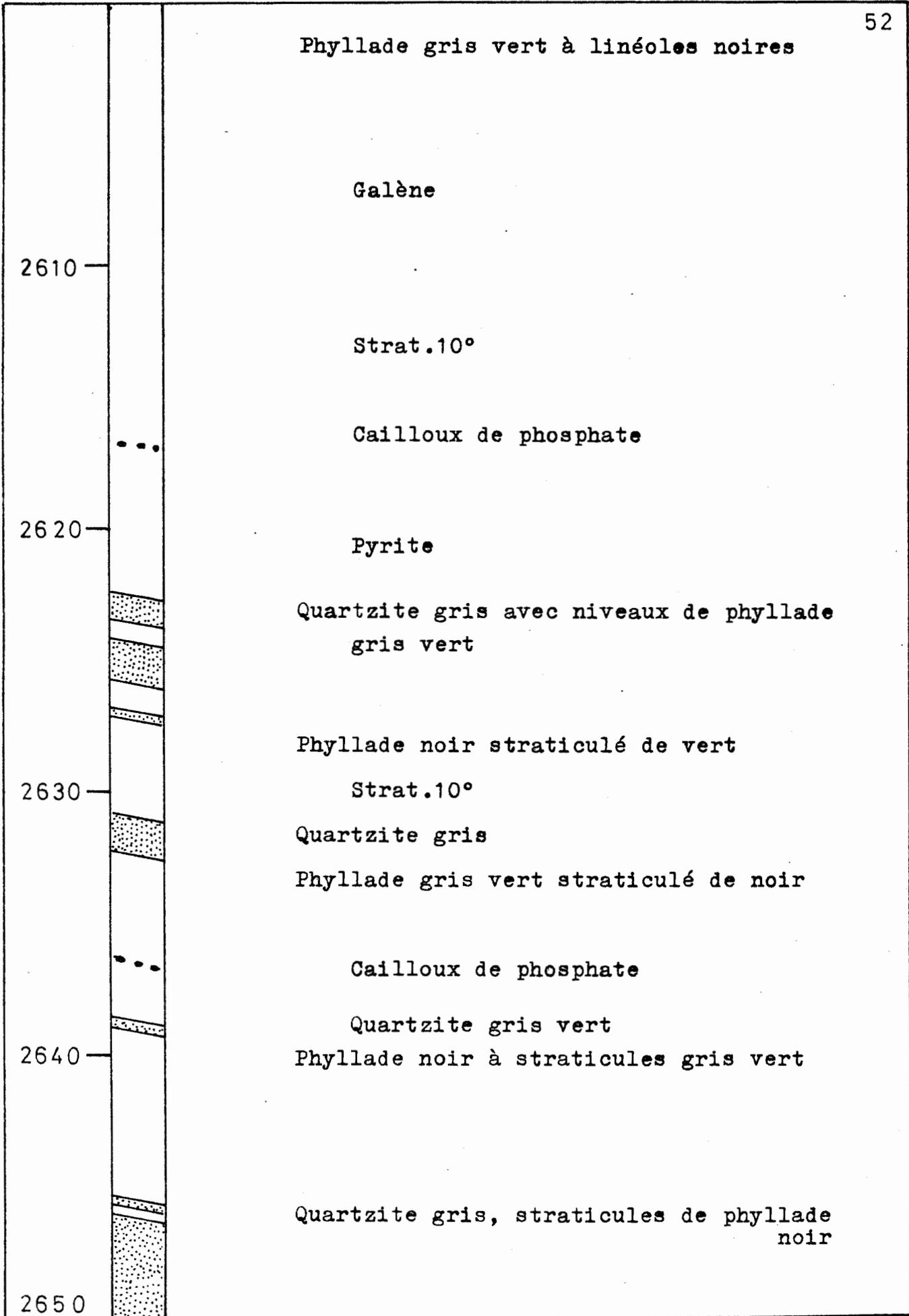












Quartzite gris micacé straticulé de
phyllade noir.Strat.10°

2660

Phyllade noir

Cailloux de phosphate

Phyllade noir tacheté

2670

Phyllade noir tacheté

Cailloux de phosphate

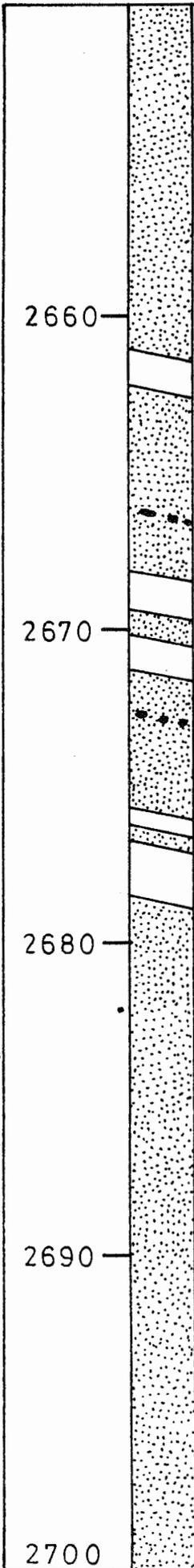
Phyllade noir straticulé de vert

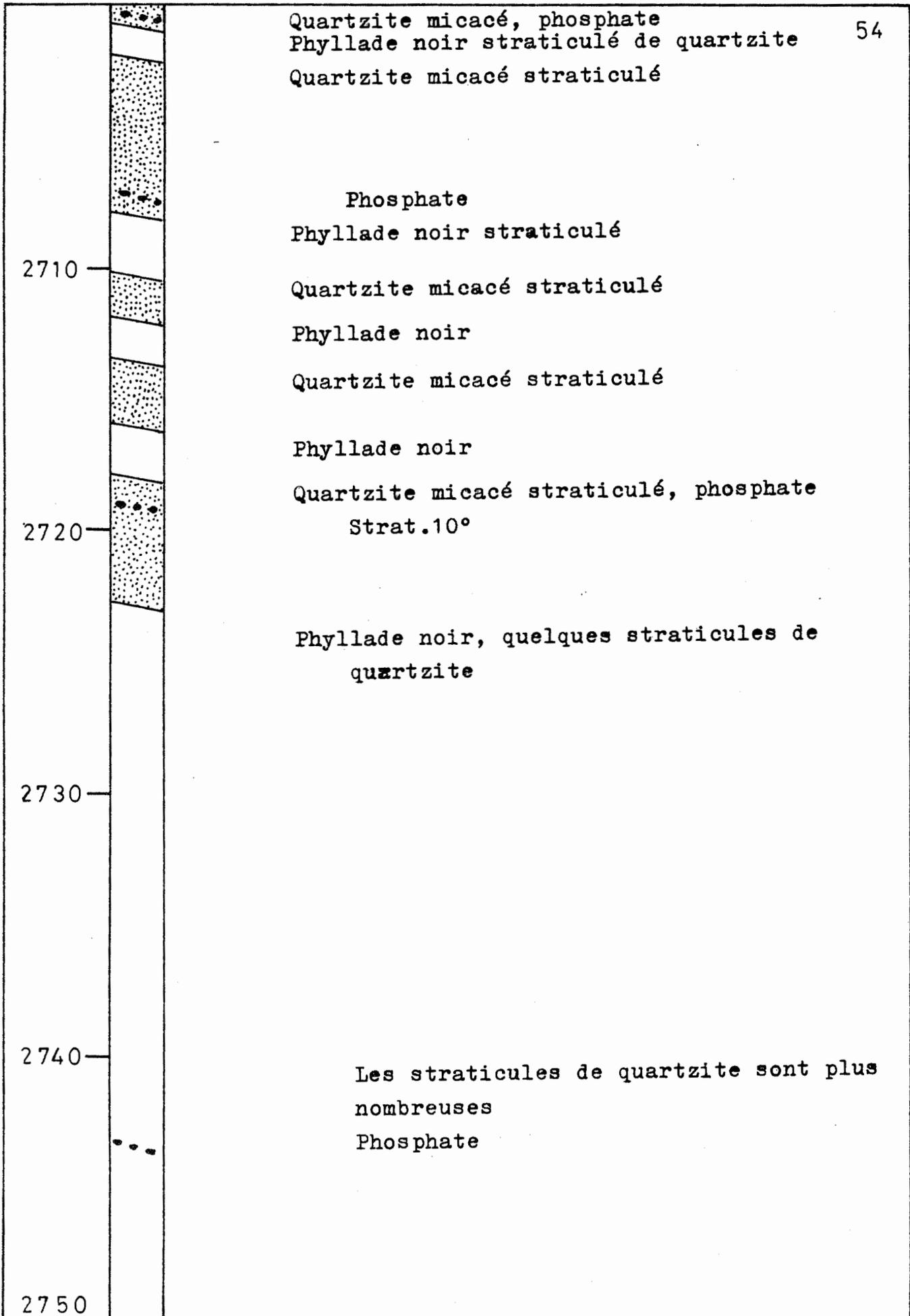
Phyllade noir straticulé de vert

2680

2690

2700





Phyllade noir à straticules de quartzite

2760

Strat.10°

2770

Quartzite micacé straticulé

Phyllade noir

2780

Phyllade noir straticulé de quartzite

Quartzite micacé

Phyllade noir straticulé de quartzite

2790

Quartzite micacé

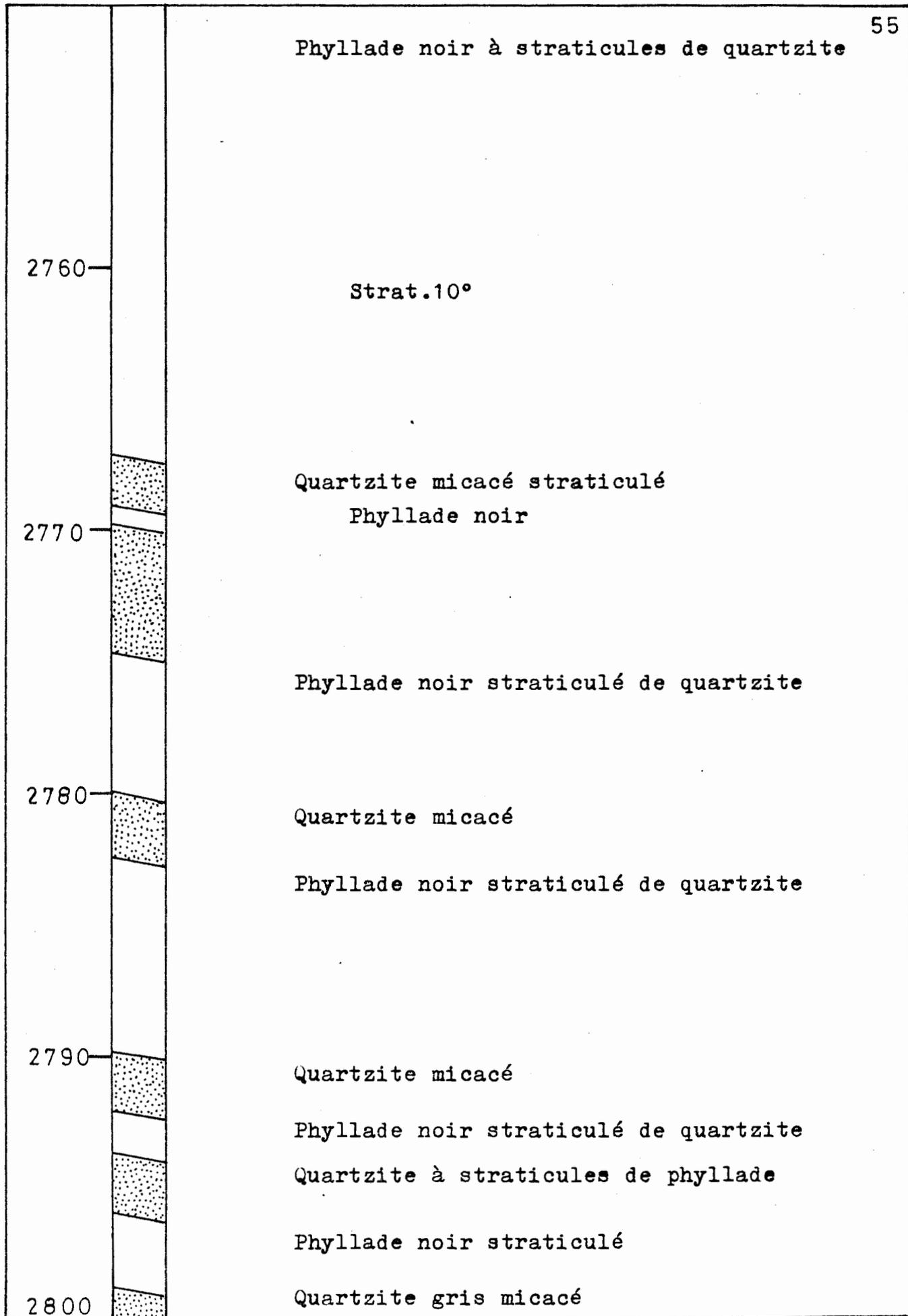
Phyllade noir straticulé de quartzite

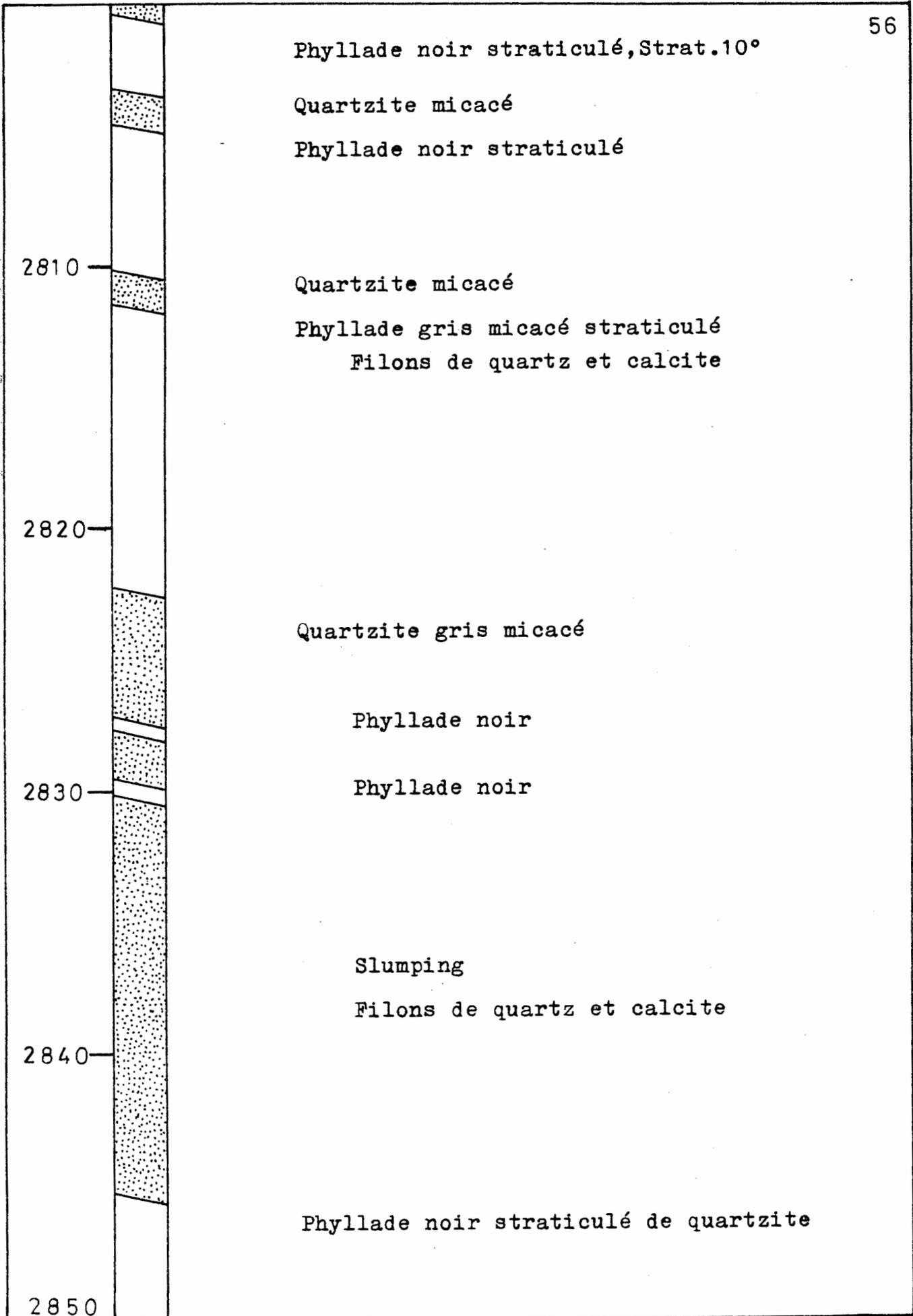
Quartzite à straticules de phyllade

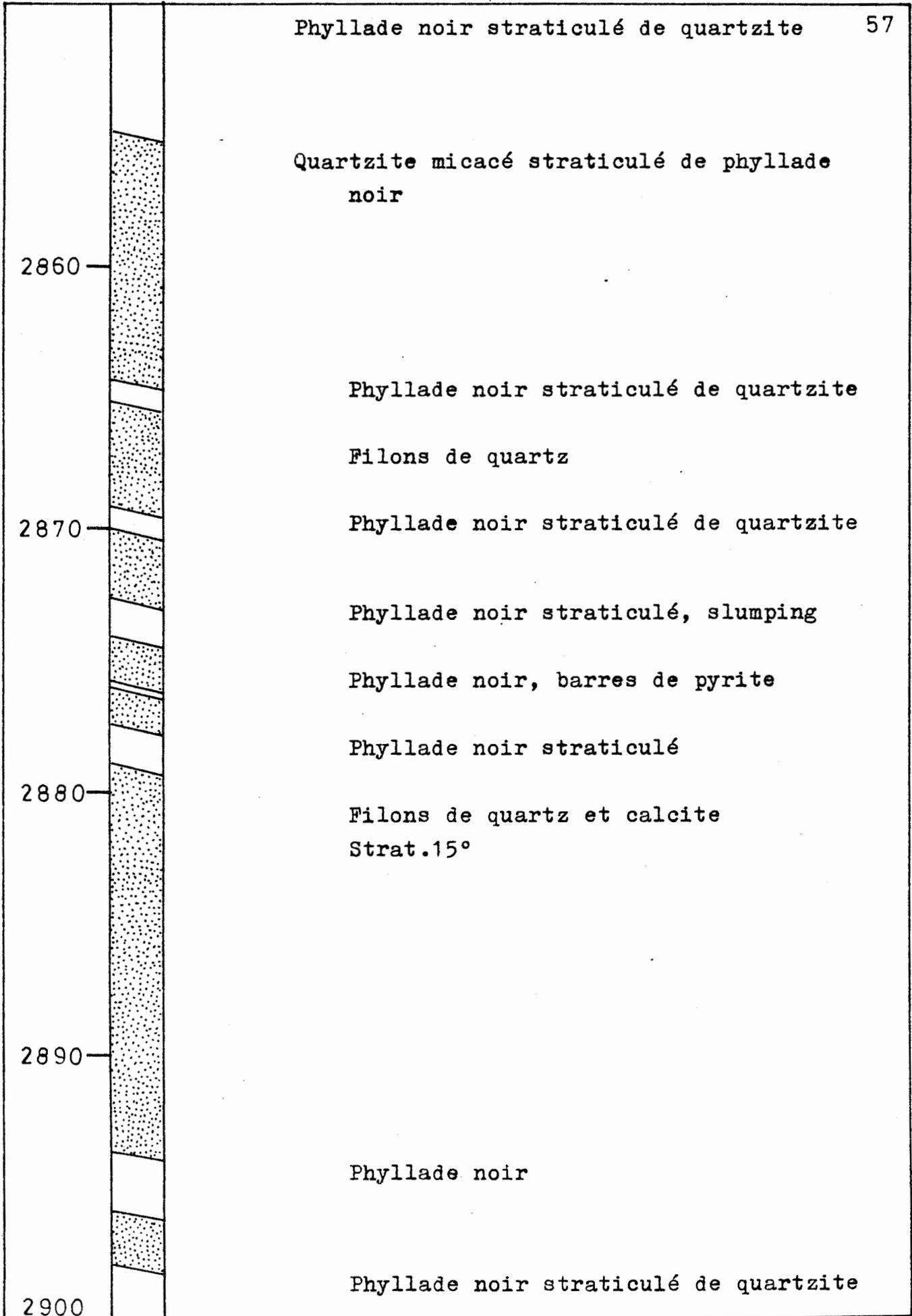
Phyllade noir straticulé

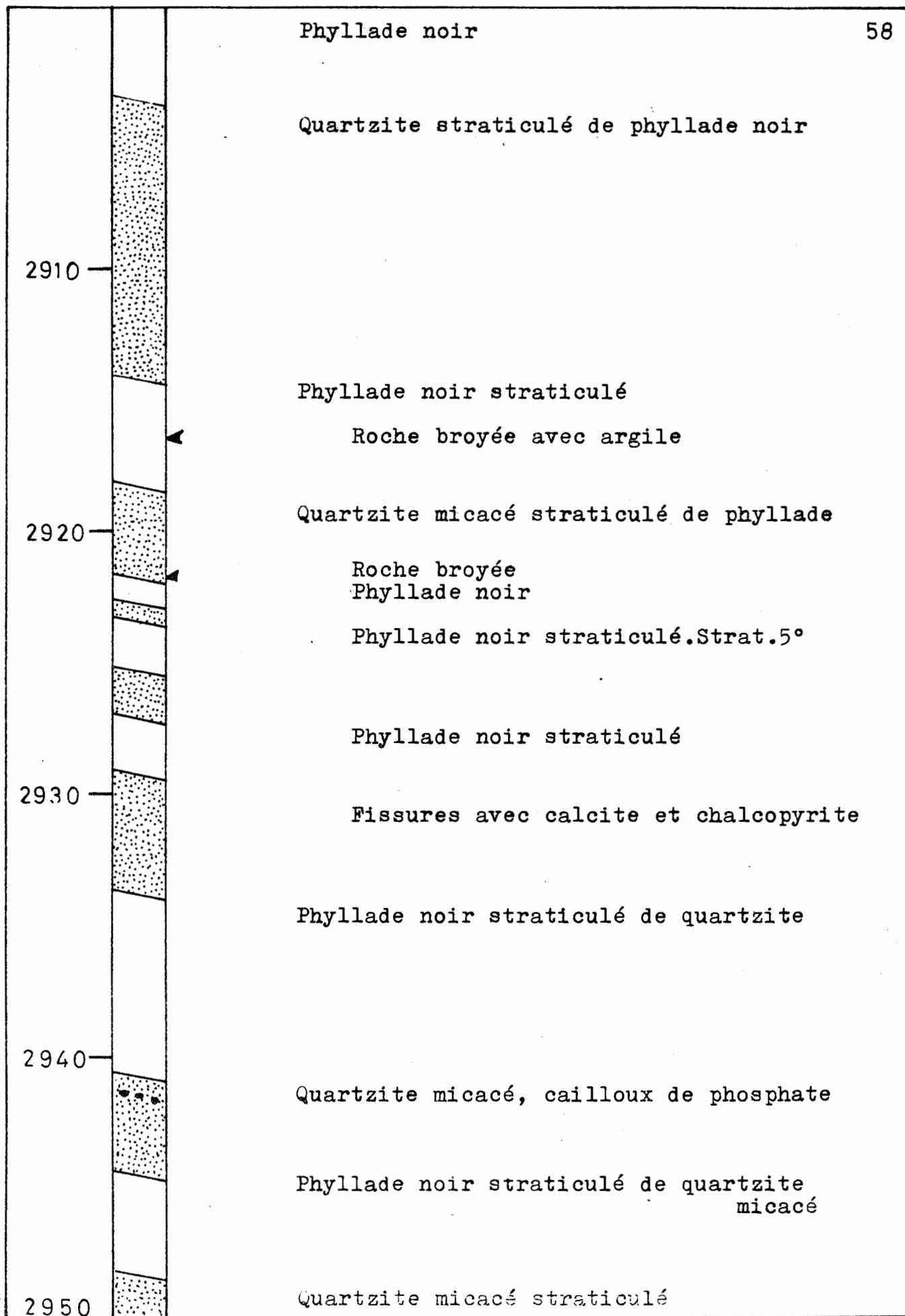
2800

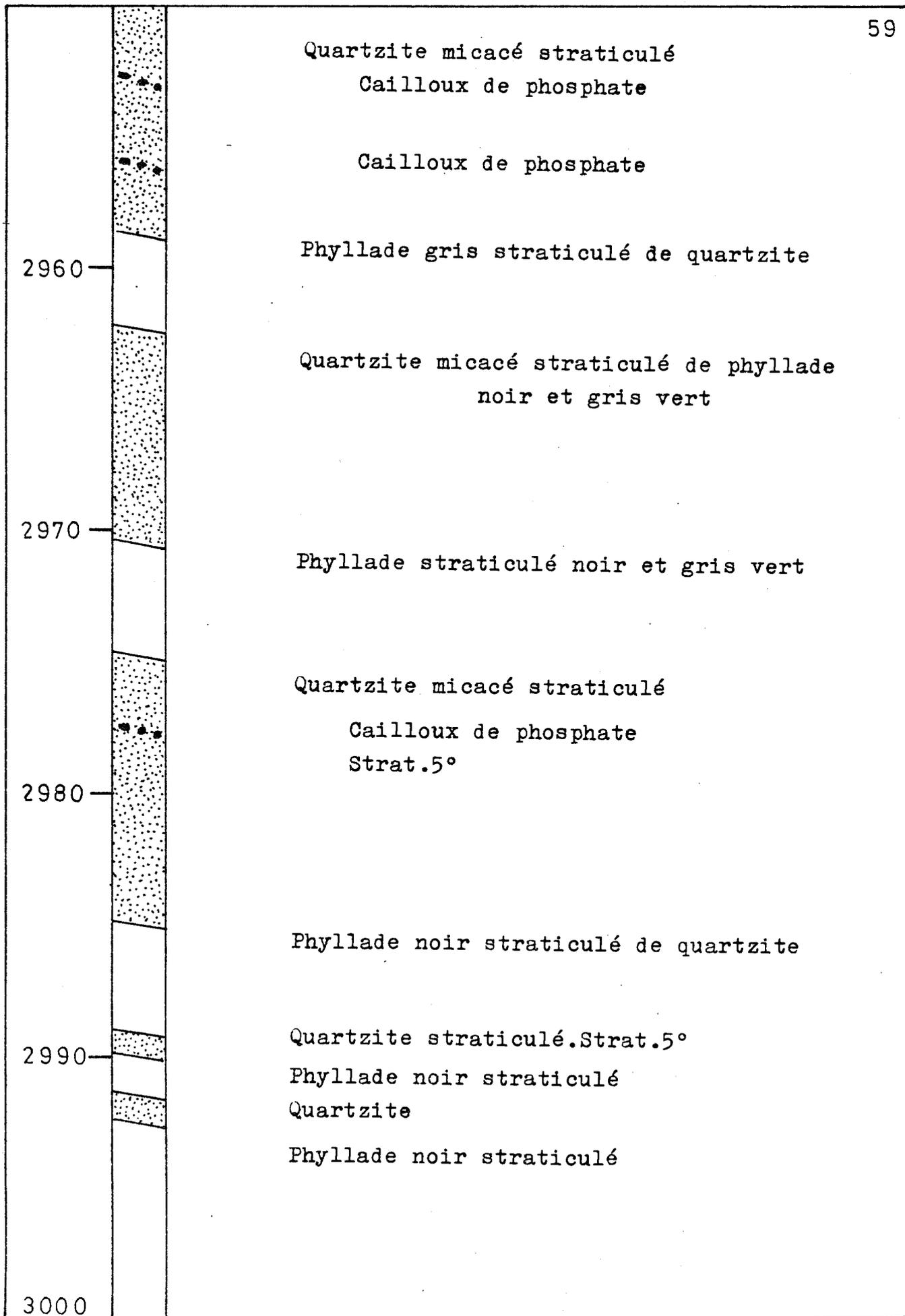
Quartzite gris micacé

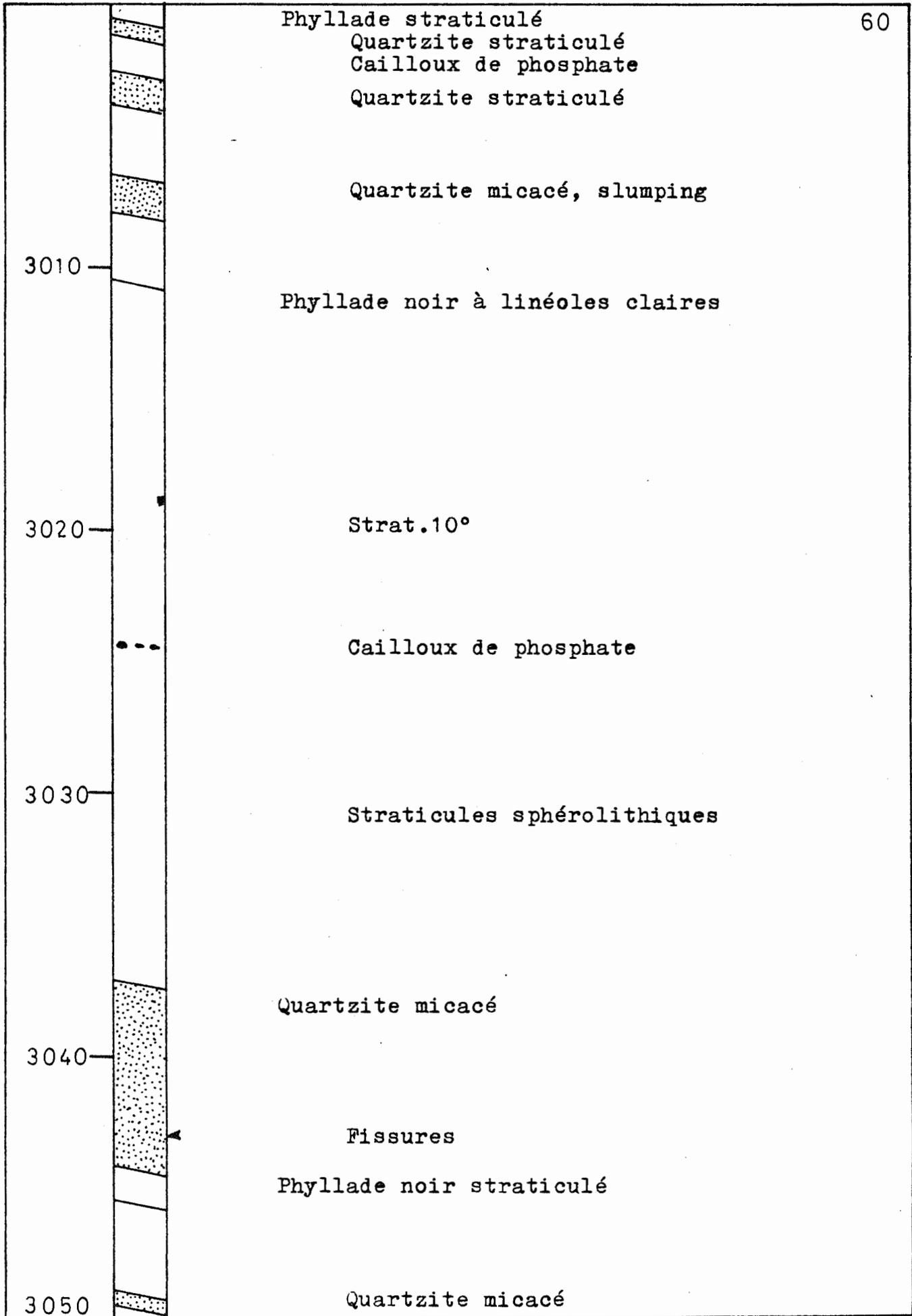


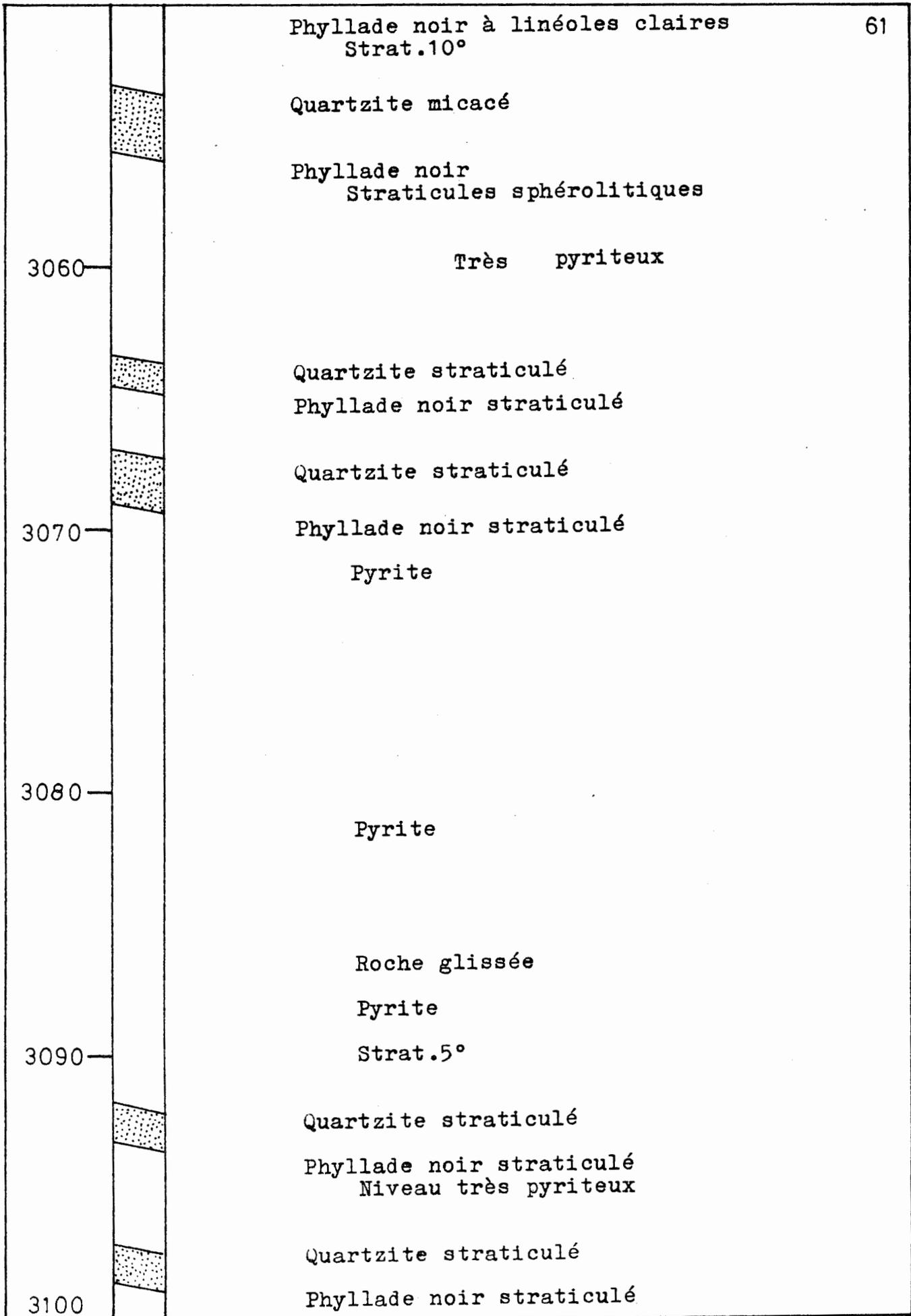












		Phyllade noir straticulé	62
3110			
		Phyllade noir, quelques straticules de quartzite	
3120			
3130			
3140			
		Deux barres de quartzite	
3150			

Phyllade noir straticulé de quartzite

Minces niveaux de quartzite
Strat.15°

3160

3170

3180

Quartzite straticulé

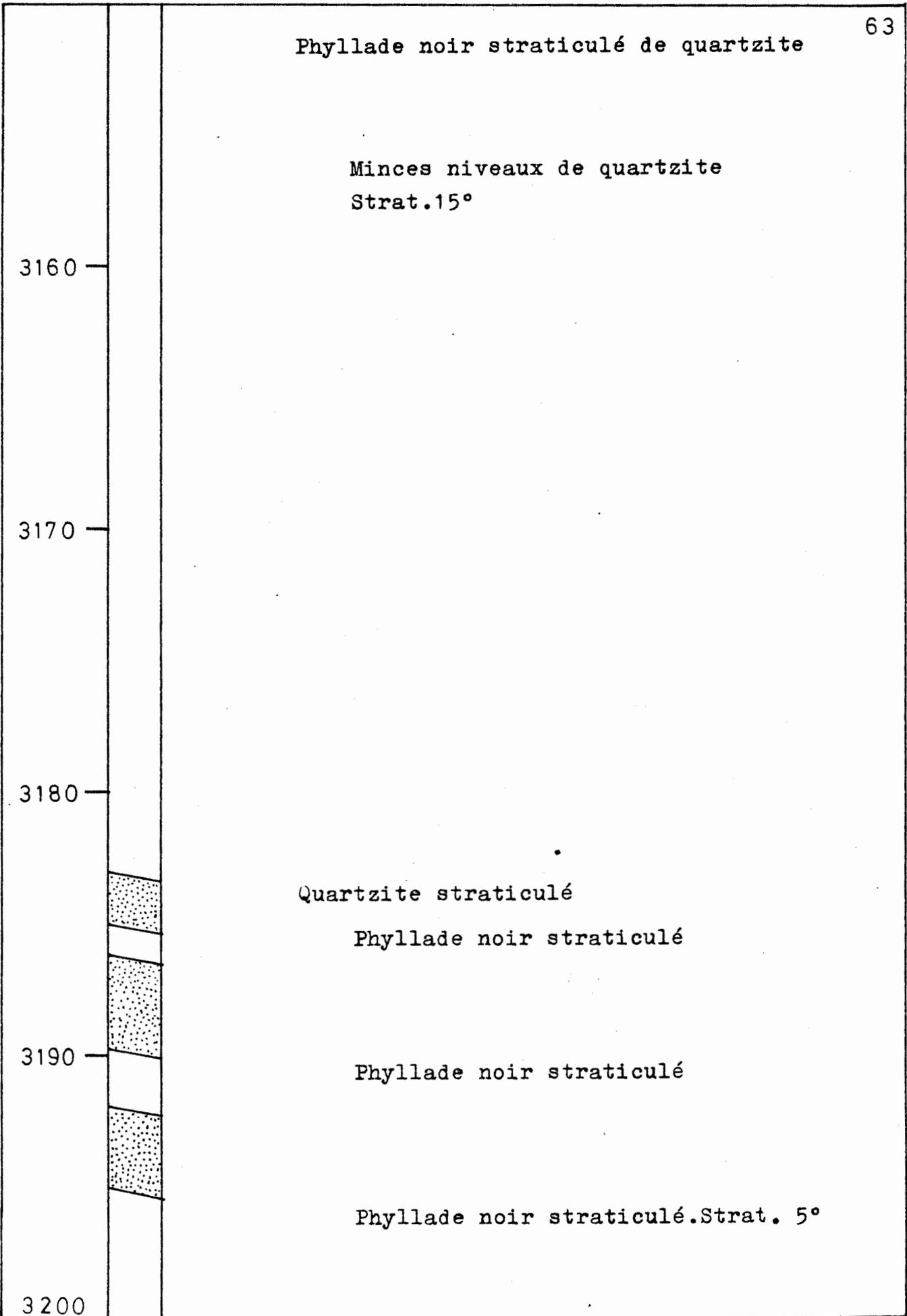
Phyllade noir straticulé

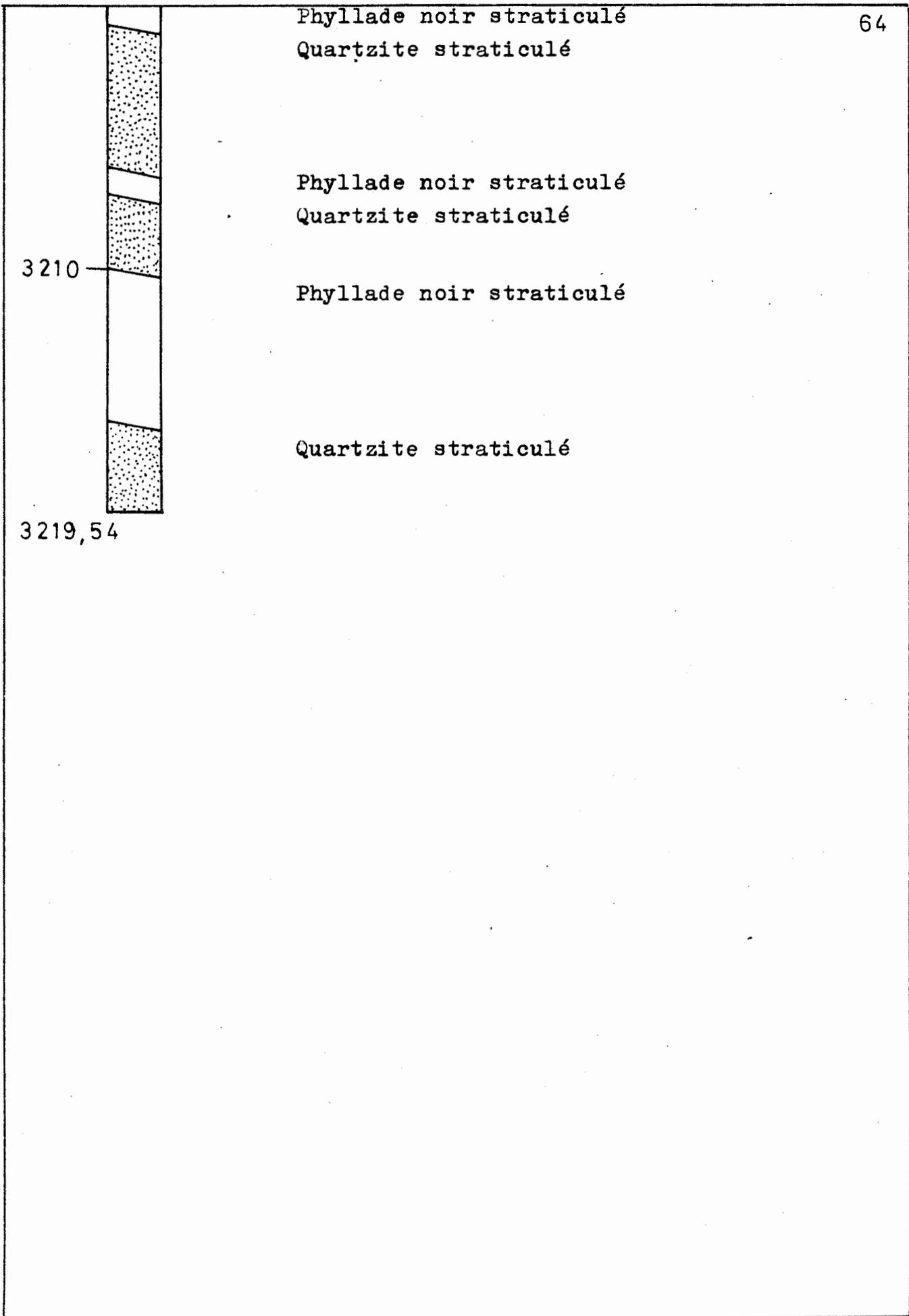
3190

Phyllade noir straticulé

Phyllade noir straticulé.Strat. 5°

3200





Minéralogie

Les minéraux sont principalement confinés dans les fissures à part la magnétite et la pyrite. Ils ont été déterminés par R. Van Tassel de l'Institut Royal des Sciences Naturelles.

Les minéraux rencontrés dans le sondage sont classés par ordre alphabétique suivi d'un chiffre de fréquence évalué suivant le nombre de fois qu'ils sont cités dans la description détaillée du sondage. La fréquence du quartz n'a pas été évaluée.

Blende - 6	Magnétite - 113
Calcite - 30	Muscovite - 2
Chalcopyrite - 7	Oligiste - 2
Chlorite - 20	Pholélite - 9
Dawsonite - 115	Pyrite - 151
Dolomite - 192	Pyrrhotine - 1
Galène - 33	Rutile - 1
Hématite - 1	Sidérite - 36
Kaolinite - 5	Tourmaline - 1
Marcassite - 3	

De cette liste, la dawsonite mérite une mention spéciale, à partir de 541 jusqu'à 2.280 m de profondeur, c'est-à-dire dans la formation de Deville, j'ai observé sur les joints (diaclasses) de nombreux sphérolithes et globules fibroradiées d'une substance blanche que R. Van Tassel (1962) a déterminé comme étant de la dawsonite ($NA Al CO_3 (OH_2)$) que Winchell qualifie de très rare en 1933.

Roches éruptives

Le sondage a recoupé deux passées de roches vertes.

- 1 - La première de 1.191,25 à 1.192,98 m se présente en filon inclinant à 60° et recoupant la stratification des schistes qui est sub-horizontale. La roche est complètement chloritisée, il s'agit vraisemblablement d'une diabase. La présence d'une structure amygdaloïde au contact inférieur semblerait indiquer que la roche est en position renversée. (F. Corin (1965) page 100)

L'analyse de cette roche a été réalisée par Van Tassel.

Analyse röntgenographique : Chlorite

Quartz

Calcite

Analyse chimique :	H ₂ O-	0,14
	H ₂ O+	5,43
	Si O ₂	44,39
	Al ₂ O ₃	15,36
	Fe ₂ O ₃	1,98
	FeO	6,36
	MgO	10,34
	CaO	8,79
	CO ₂	7,36
		<hr/>
		100,15

Composition minéralogique d'après l'analyse chimique :

Quartz : 34,6 % - Calcite : 16,0 % - Chlorite : 49,4 %

Nature de la chlorite d'après l'analyse chimique : Amésite.

- 2 - Dans la seconde passée recoupée de 1.892,40 à 1.899,90 m et qui semble interstratifiée, en reconnaît encore les traces d'un pyroxène monoclinique et les baguettes de plagioclase. Il s'agit d'un gabbro finement grenu dont les minéraux sont rétro-morphosés par autométamorphisme en hornblende verte, chlorite, épidote, saussurite et carbonate.
(L. Franssen et J. Michot).

Paléontologie

Dans la formation de Deville, j'ai observé de très nombreux niveaux à *Oldhamia* sp Forbes depuis 30 jusqu'à 2.183 m de profondeur. Cette trace de fossiles se présente le plus souvent sur les joints de quartzite fin vert finement stratifié.

O. antiqua et *O. radiata* sont connus dans le Cambrien de l'Europe et de l'Amérique du Nord.

De nombreuses espèces d'acritarches ont été découvertes par M. Vanguestaine dans les roches noires recoupées de 2.360 jusqu'à la base du sondage (voir conclusions stratigraphiques).

Diagraphies électriques - Schlumberger

1 - Thermométrie

La température a été mesurée en continu de 25 à 2.250 m.

Enregistrement : Echelle des profondeurs : 1/1.000

Echelle des températures : $10^{\circ}\text{C} = 71 \text{ mm}$

Date des mesures : le 22 juin 1964, le sondage étant à l'arrêt depuis le 26 mai 1964, mais il faut noter que la boue a été mise en circulation pendant 9 heures le 20 juin.

Temps de repos de la boue : 47 heures.

Le diagramme des variations de température en fonction de la profondeur est figuré à la planche n° 1.

Ce diagramme peut se diviser en 4 parties.

1° de 25 m à 240 m : La température de 22°C à 25 m de profondeur est une anomalie qui peut s'expliquer par le temps chaud du mois de juin, qui a influencé dès le départ l'instrument de mesure. Pour la mesure du gradient géothermique il faut donc atteindre la profondeur de 240 m pour une température en équilibre avec la boue de sondage.

2° de 240 m (24°C) à 1.230 m ($38,1^{\circ}\text{C}$)

Gradient géothermique : 70,21 m

3° de 1.230 m ($38,1^{\circ}\text{C}$) à 1.515 m (41°C)

Gradient géothermique : 98,28 m

Les variations de températures observées dans cette partie du diagramme ne peuvent s'expliquer par des causes géologiques.

Je pense que l'on se trouve en présence d'un bouchon de boue mit en mouvement lors de la circulation de 9 heures le 20 juin.

4° de 1.515 m (41° C) à 2.250 m (52,5° C)

Gradient géothermique : 63,91 m

Le gradient géothermique total, si l'on adopte une température de 7,5° C à 10 m de profondeur (R. Legrand - Jalons géothermiques Mémoire n° 16 du Service Géologique de Belgique) est de 49,78 m

Mesures de températures par la méthode des thermomètres coupés

1 - à 1.500 m : 2 thermo.coupés à 34,5° C et 1 à 29,5° C.

Les thermomètres sont à cette profondeur le 22/12/1962 à 22 h et ils ont été remontés le 26/12 à partir de 6 h.

Ils sont restés à 1.500 m pendant 80 heures.

Un seul thermomètre a débordé et donne une température de 30°, ce qui est nettement trop bas par rapport au 41° donné par la méthode Schlumberger. Cette anomalie peut s'expliquer par la température très basse qui régnait dans la région lors de la circulation de la boue avant la descente des thermomètres et que le temps n'a pas été assez long pour arriver à un équilibre entre le terrain et la boue.

2 - à 2.100 m : 2 thermo. à maximum.

Les thermomètres sont à cette profondeur le 9/11/1963 à 18 h. et ont été remontés le 12/11 à partir de 6 h. ils sont restés à cette profondeur pendant 60 heures.

Les deux thermomètres donne une température de 51° C à comparer au 50° C obtenu par Schlumberger.

Gradient géothermique : 48,05 m

3 - à 2.935 m : 3 thermo. coupés à 55° C.

Les thermomètres sont à cette profondeur le 25/9/1965 à 22 h et ont été remontés le 27/9 à partir de 7 h, ils sont restés au fond pendant 33 heures.

Les trois thermomètres donnent une température de 61,5° C.

Gradient géothermique : 54,17 m.

2 - "Log Sonic"

Le "Log Sonic" a été enregistré de 40 m (base du tubage) à 2.250 m.

Enregistrement : Echelle des profondeurs : 1/200 et 1/1.000

Echelle des temps de parcourt : 100 μ s/pied = 14 cm

ou 328,08 μ s/m = 14 cm

Champs de mesures : de 40 à 140 μ s/pied

ou de 131,23 à 459, 32 μ s/m

Soit des vitesses allant de 2.177 m/sec à 7.620 m/sec

En résumé : Mis à part les 115 premiers mètres où les terrains sont altérés avec une vitesse moyenne de 3.000 m/sec, le log est très monotone ; la vitesse moyenne est pratiquement constante et égale à 4.000 m/sec entre 115 et 2.250 m.

La vitesse augmente légèrement avec la profondeur et passe de 3.850 m/sec à 115 m à 4.200 m/sec à 2.250 m.

Cette variation peut être mise en relation avec l'augmentation de la densité apparente des roches qui passe de 3,02 à 3,31 (J. Brych 1971).

Pour les quartzites verts avec bancs de phyllade de la formation de Deville, les mesures étant limitées à cette formation, cette vitesse moyenne de 4.000 m/sec est étonnante si on la compare à la vitesse moyenne de 5.250 m/sec obtenue dans les schistes du Frasnien et du Famennien au sondage exécuté dans la plaine de Focant. Cette vitesse relativement faible peut trouver une explication dans le grand nombre de joints ouverts qui divisent les quartzites (fissures ouvertes avec dawsonite).

3 - "Gamma Ray"

Le "Gamma Ray" a été enregistré de 0 à 2.250 m.

Enregistrement : Echelle des profondeurs : 1/200 et 1/1.000.

Echelles des μ gm Ra-eq/ton de 0 à 15

en deux échelles 7 et 14 cm pour 15 μ gmRa-eq/ton

Les valeurs oscillent autour de 6 μ gm Ra-eq/ton, elles sont inférieures dans les quartzites et supérieures dans les phyllades.

Dans les phyllades, la valeur varie entre 6 et 11,40.

Dans les quartzite, la valeur varie entre 6 et 1,9 (planche n° 2).

La roche éruptive de 1.892 m est bien marquée par une valeur de 0,85.

Prospection sismique

Le but du sondage de Grand-Halleux était de reconnaître le substratum de la formation de Deville qui est la plus ancienne affleurant en Ardenne. En 1926, F. Corin écrivait "Pourtant les puissantes assises grossières de la base pourraient indiquer que l'assise de Hourt ne doit pas être éloignée de la base du Cambrien. On peut voir, d'après l'examen microscopique, que les éléments clastiques viennent de roches sédimentaires préexistantes ou des roches plus anciennes du Cambrien au moins autant que des roches cristallines. Le Précambrien existe donc sous le Devillien."

Au départ, le Service Géologique avait donc prévu un sondage de 2.000 m pour atteindre ce Précambrien soupçonné.

Au mois de mai 1963, le sondage ayant atteint la profondeur de 1.800 m en restant inexorablement dans les roches vertes de la formation de Deville, nous avons commandé à la Société Générale de Géophysique une prospection sismique pour décider une prolongation éventuelle du sondage celle-ci étant limitée par l'installation, à environ 3.000 m.

Une sismique réflexion a été réalisée suivant les trois profils AB, CF et FG (Planche 3).

Dans le profil AB, la première arrivée énergétique, subhorizontale, a été pointée à 600 ms. (temps simple).

Grâce au "Log Sonic" qui nous donne une vitesse moyenne de 4.000 m/sec, cette première arrivée énergétique se situe donc à 2.400 m de profondeur.

Il fut donc décidé de prolonger le sondage pour reconnaître la signification de ce miroir, et c'est à la profondeur de 2.360,50 m que le sondage est passé des roches vertes de la formation de Deville dans des phyllades noirs avec bancs de quartzite. D'après J. Brych, la densité apparente moyenne des roches noires est de 3,51 alors qu'elle varie dans la formation de Deville de 3,02 à 3,31 en fonction de la profondeur.

Conclusions

1 - Stratigraphie

La stratigraphie du sondage de Grand-Halleux a pu être établie grâce aux travaux de Michel Vanguestaine sur l'étude des acritarches.

D'après ses publications dont références dans la bibliographie, il est évident que la base du sondage a recoupé la formation de Revin.

Le sondage a donc recoupé les formations suivantes :

de 4,45 à 2.360,50 m : quartzite, quartzophyllade et phyllade vert à *Oldhamia* sp qui au point de vue lithostratigraphique sont à rattacher à la formation de Deville.

de 2.360,50 à 3.225,46 m, base du sondage ; quartzite gris et phyllade noir qui d'après les acritarches sont à rattacher à la formation de Revin (Rn) qui se subdivise comme suit :

Rn 1a de 2.360,50 à 2.456,00 m

Rn 1b de 2.456,00 à 2.646,00 m

Rn 2a de 2.646,00 à 2.985,00 m

Rn 1b de 2.985,00 à 3.225,46 m (base du sondage).

Malgré les doutes de F. Geukens (1977), je me rallie entièrement aux conclusions de M. Vanguestaine. En étudiant les phyllades rubanés verts et noirs recoupées par le sondage en-dessous de 2.360 m, j'étudiais également les phyllades d'Ennal (Rn1a) recoupés par le sondage 171 W/280 (P.P. 1967/6) et j'ai été frappé par la similitude des faciès. Ne pouvant imaginer un renversement complet de la série, j'avais conclu qu'un même faciès annonçait et couronnait la formation de Deville. Mais les acritarches sont là pour démontrer l'inimaginable un grand pli couché ce qui nous oblige à modifier nos conceptions sur la tectonique du massif cambrien de Stavelot. En partant du Rn 1a, daté par acritarches, et en remontant la coupe du sondage, nous retrouvons la suite stratigraphique telle que je l'ai établie avec J.L. Koenigsfeld (1966) mais en position renversée :

Phyllade à magnétite (niveau inférieur)	à 2.184,80 m
Phyllade avec bancs de quartzite	à 2.204,00 m
Quartzite grossier avec bancs de poudingue (Quartzite de Hourt)	à 2.245,60 m

Phyllade vert et violacé avec un peu de quartzite	à 2.316,20 m
Phyllade à magnétite (niveau supérieur)	à 2.352,00 m
Quartzite fin vert et phyllade gris violacé	à 2.354,10 m
Phyllade rubané du Rn 1a	à 2.360,50 m

Il est nécessaire de noter que cette stratigraphie a été battue en brèche par H. Pirlet (1976) qui ayant découvert un pli secondaire dans les quartzites de Hourt, conclu hâtivement qu'ils forment le terme le plus inférieur du Devillien, revenant ainsi à l'idée ancienne d'André Dumont. Je ne vois vraiment pas pourquoi, un pli secondaire, résultant d'une action tectonique peut être un critère stratigraphique !

2 - Tectonique

Une très bonne étude de pétrographie structurale a été réalisée par L. Franssen et J. Michot (1969) et ils écrivent : "Dans les 500 premiers mètres, les plis à petite échelle sont nombreux et leurs flancs très resserrés ; leurs plans axiaux inclinent d'environ 50° à 60° au Sud. Ensuite l'impression prévaut qu'ils deviennent de moins en moins fréquents.

Dans la partie apparemment peu plissée du sondage, les strâtes acquièrent graduellement la position subhorizontale, disposition qu'elles gardent à quelques exceptions près, jusque dans les derniers mètres. Il faut noter cependant que les textures microscopiques se retrouvent aussi nettement exprimées dans l'un et l'autre cas, en particulier en ce qui concerne la schistosité, localement ondulée, et les auréoles d'étirement.

La schistosité est légèrement transverse à la stratification dans les premières centaines de mètres ; plus bas, elle se dispose généralement parallèlement ou subparallèlement aux couches. Son pendage suit la même évolution que ces dernières et s'atténue progressivement, devenant presque horizontale après 500 mètres."

Cette étude complétée par la preuve de l'existence d'un pli couché en profondeur dans la formation de Revin donne tout son sens aux conclusions des auteurs.

Sous la formation de Deville en allure subhorizontale, le sondage a recoupé le Rn 1a, le Rn 1b, le Rn 2a et puis de nouveau le Rn 1b en gardant toujours cette allure subhorizontale.

Cette répétition de terrains de même âge oblige d'accepter l'existence d'un pli couché dont l'axe glissé passerait vers 2920 m.

Et la conclusion des deux auteurs précités "La variation du style de déformation, jointe aux caractéristiques qui découlent de l'examen des textures liées au clivage schisteux, amènent à penser que la tectonique qui s'est imprimée dans le domaine traversé par le sondage est liée à des poussées "épidermiques" venues du Sud, comprimant les strates supérieures, les plissant et les déversant vers le Nord, la partie inférieure suivant ce mouvement dans un glissement intime à l'intérieur de la roche" peut être interprétée comme suit : Lors de la phase orogénique calédonienne, la série cambrienne a été déformée en un grand pli couché d'axe subhorizontal (voir stade 1 de la Pl. 4).

Après pénéplanation post-calédonienne (ligne aa), il y eu sédimentation des terrains du Dévonien et peut-être du Carbonifère qui ont été plissés lors de l'orogène varisque. Sous le Dévonien, les terrains du Cambrien en allure subhorizontale, conséquence du pli couché, ont pu sur une certaine épaisseur être repris dans le plissement varisque. Cette série replissée est limitée à sa base par des surfaces de décollements et de glissements qui se situent dans le sondage à partir de 588 m (voir stade 2 de la Pl. 4).

En partant de cette conception de la tectonique du massif de Stavelot, il est évident que pour atteindre le Précambrien le plus près de la surface il faudrait exécuter un sondage à Vielsalm car il doit se trouver en-dessous de la surface de décollement soit entre 500 et 600 m de profondeur.

Cette proximité du Précambrien pourrait expliquer le métamorphisme aberrant de cette région, sa minéralisation en cuivre et ses raretés minéralogiques comme l'Ardennite.

Août 1980

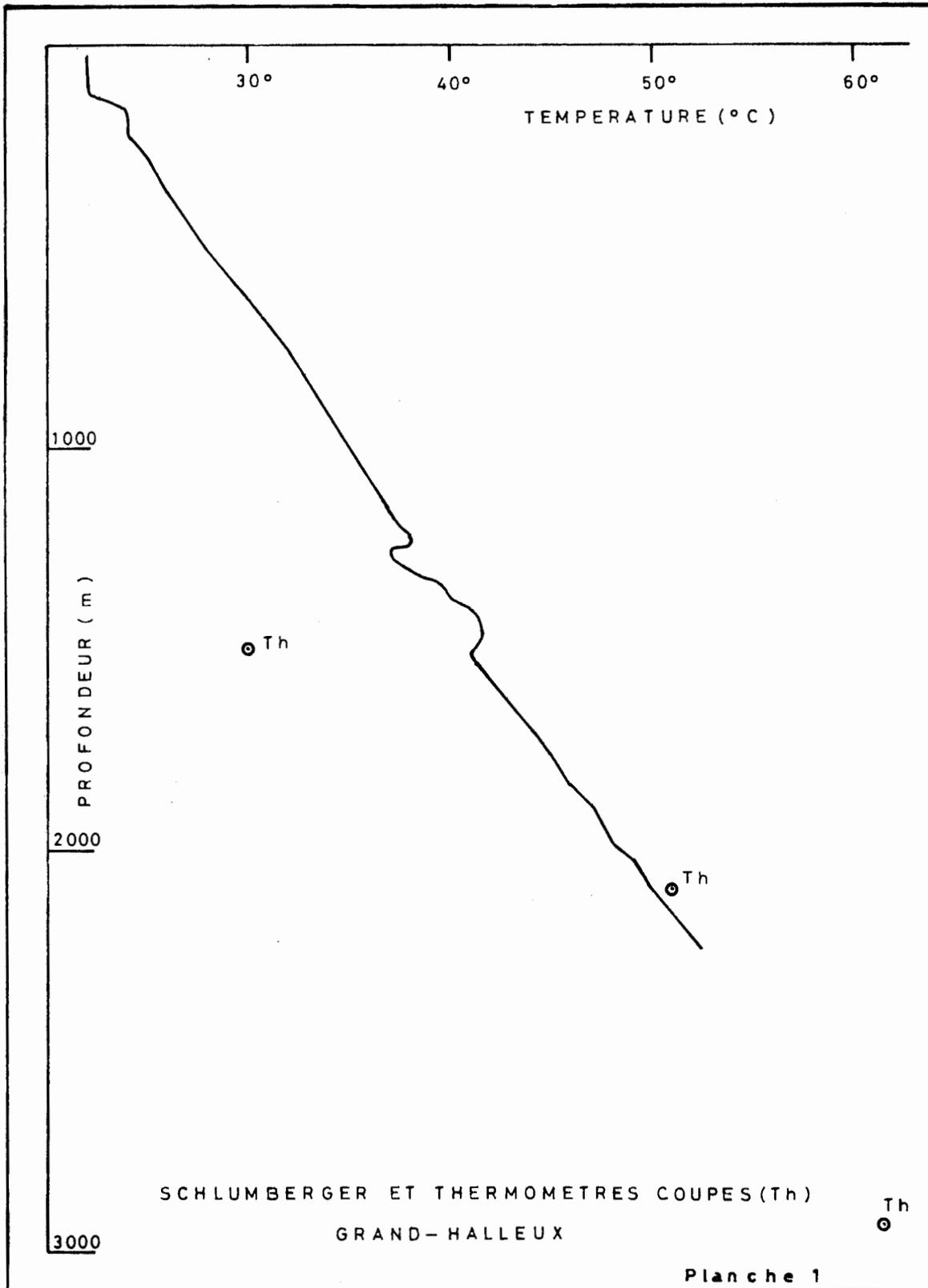
Planches

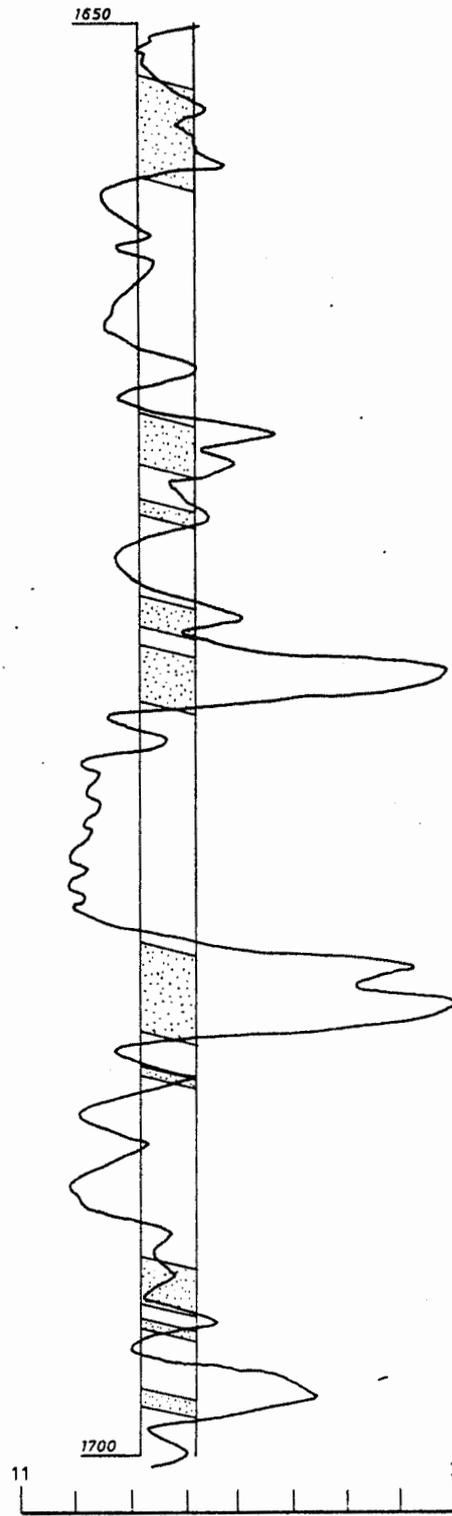
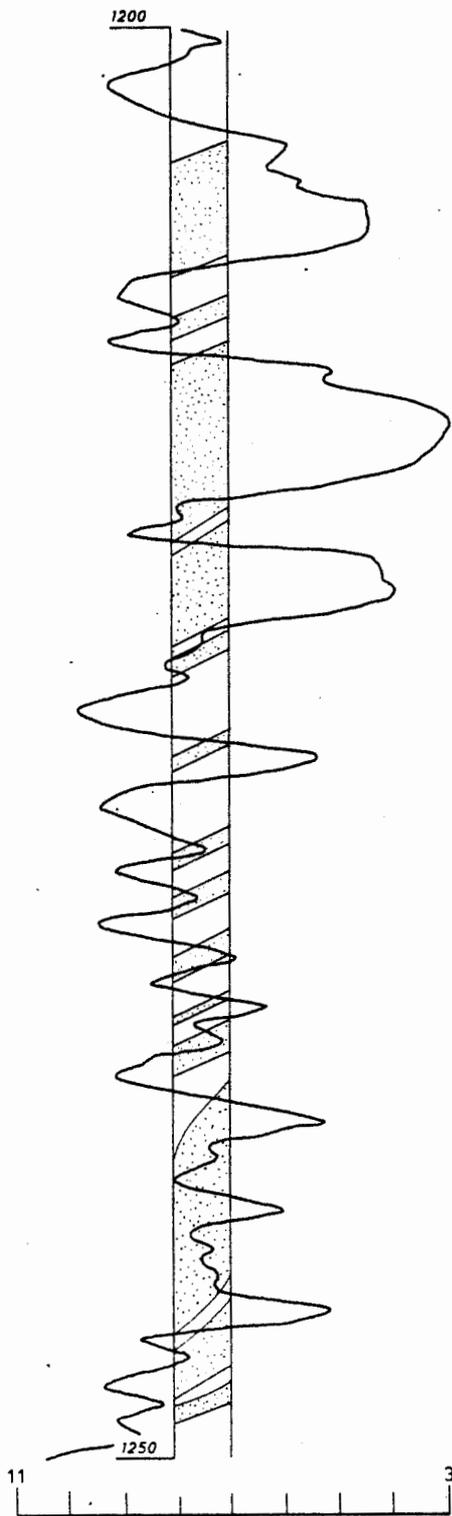
1. Thermométrie.
2. Relations entre l'enregistrement "gamma ray" et la lithologie
3. Situation du sondage et des profils sismiques.
4. Schémas géologiques pour l'interprétation du pli couché.

Bibliographie

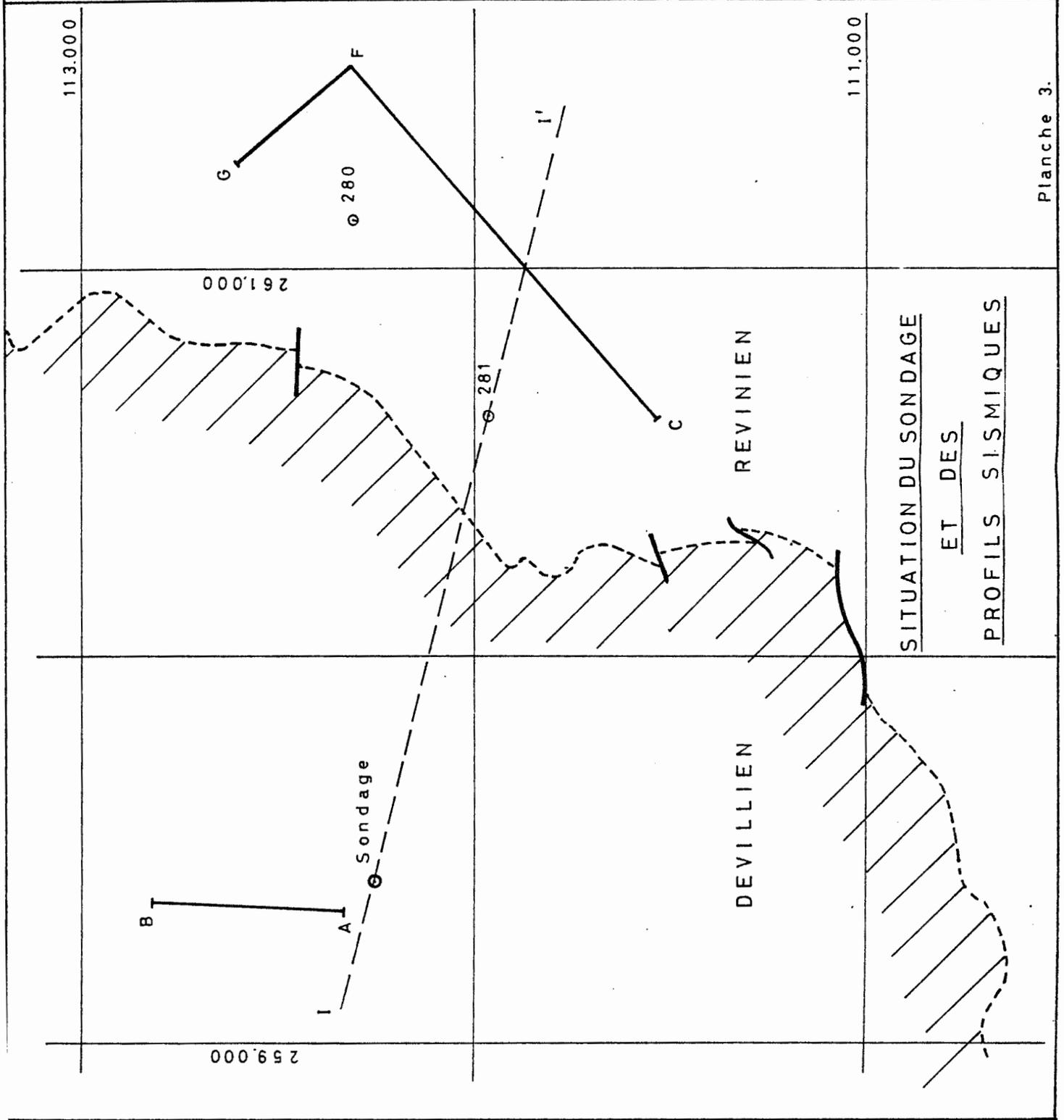
- BRYCH, J., 1971 - L'influence de l'état de tension in situ sur la perméabilité des milieux poreux. Revue C Tijdschrift V - N° 9 - 1971
- CORIN, F., 1926 - La stratigraphie et la tectonique du massif devillien de Grand-Halleux. Ann. Soc. Géol. de Belg. t. 49 pp M 26 à 66
- CORIN, F., 1965 - Atlas des roches éruptives de Belgique
Mémoire du Service Géologique de Belgique n° 4 - page 100.
- FRANSSSEN, L. et MICHOT, J., 1969 - Etude pétrographique du sondage de Grand-Halleux. Conclusions préliminaires Ann. Soc. Géol. de Belg. t. 92 pp 229 - 240
- GEUKENS, F., 1977 - Le sondage de Grand-Halleux et son environnement.
Ann. Soc. Géol. Belg. T. 100 pp 245 - 248
- GRAULICH, J.M. et KOENIGSFELD, J.L., 1962 - Etude géomagnétique de la partie méridionale du massif devillien de Grand-Halleux (massif de Stavelot) Mémoire n° 3 du Service Géologique de Belgique.
- GRAULICH, J.M., 1967 - Deux sondages dans la vallée des Trois-Fontaines (Bois Monti) Grand-Halleux P.P. 1967/n° 6.
- MICHOT, J., FRANSSSEN, L. et LEDENT, D., 1973 - Preliminary age measurements on metamorphic formations from the Ardennes anticline and the Brabant Massif. Fortschr. Miner. 50 Beiheft 3 pp. 107 - 109.
- PIRLET, H., 1976 - Allure tectonique et position stratigraphique du quartzite "Devillien" de Hourt. Ann. Soc. Geol. Belg. T. 99 pp 155 - 163.
- VANGUESTAINE, M., 1970 - L'appartenance au Revinien inférieur et moyen des roches noires de la partie profonde du sondage de Grand-Halleux et leur disposition en pli couché. Ann. Soc. Géol. Belg, T. 93, III, p. 591 - 600
- VANGUESTAINE, M., 1977 - Critères palynostratigraphiques conduisant à la reconnaissance d'un pli couché revinien dans le sondage de Grand-Halleux. Ann. Soc. Géol. Belg, T. 100, pp. 249 - 276

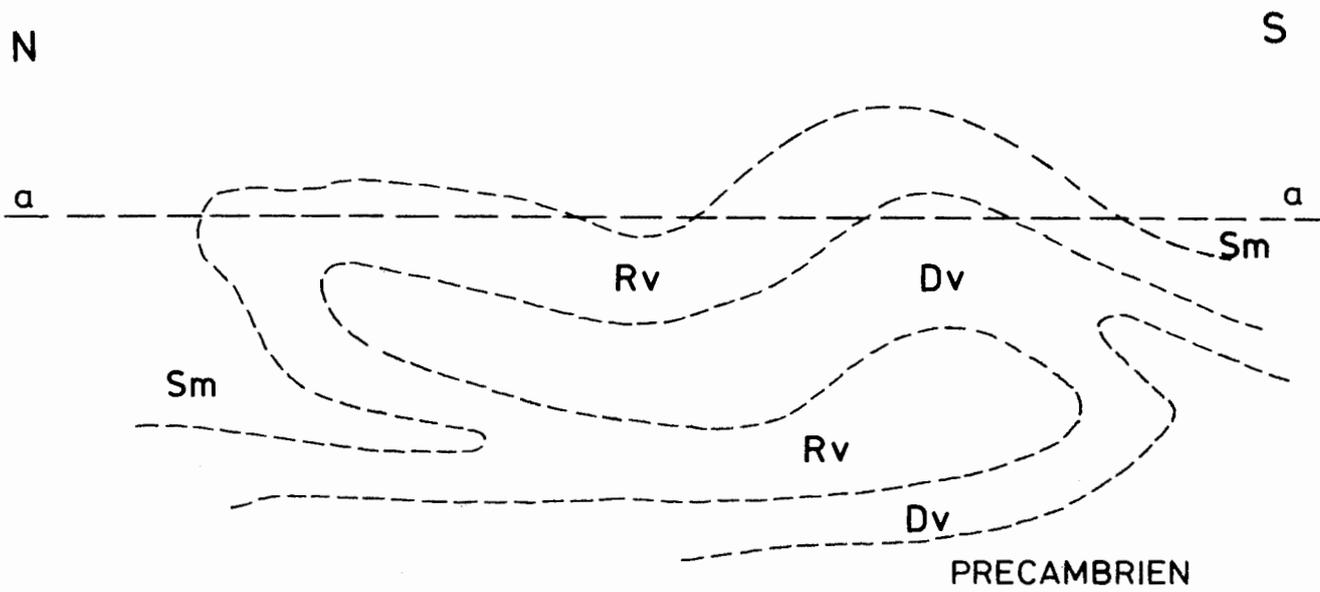
VAN TASSEL, R., 1962 - Occurrence de dawsonite au sondage de Grand-Halleux, province de Luxembourg Belgique. Inst. royal des Sciences naturelles de Belg. Bul. t XXXVIII n° 43.



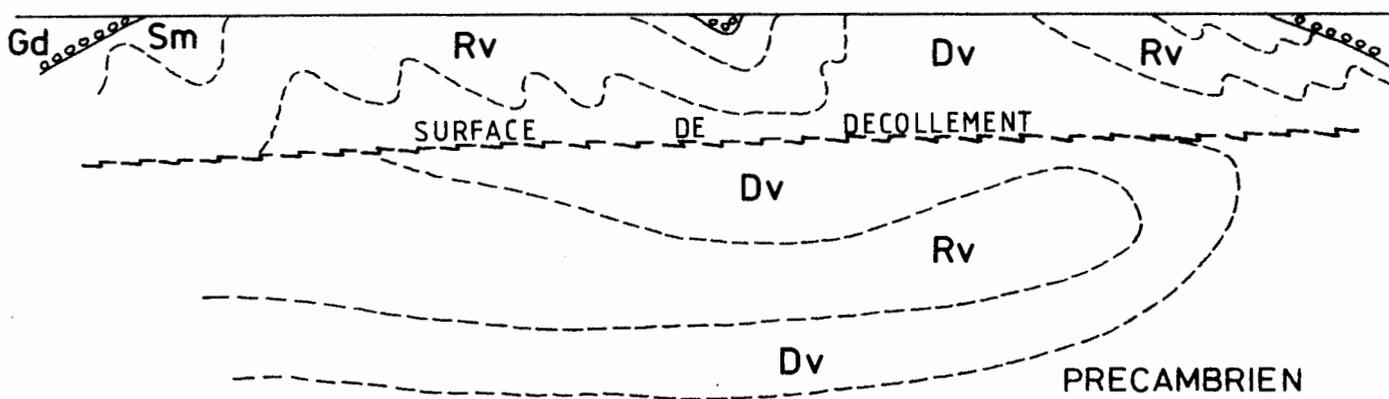


GAMMA RAY — MICROGRAMMES RA/T — GRAND-HALLEUX





STADE 1



STADE 2

INTERPRETATION DU PLI COUCHE.

