

LES DYKES BASALTIQUES
DU BASSIN HOULLER DE KAIPING
ET LEUR INFLUENCE
SUR LES ROCHES ENCAISSANTES

PAR

F. F. MATHIEU

PLAN MONTRANT LA POSITION DES TROIS FAISCEAUX DE DYKES DE LINSI ET DE TANG CHIA CHWANG

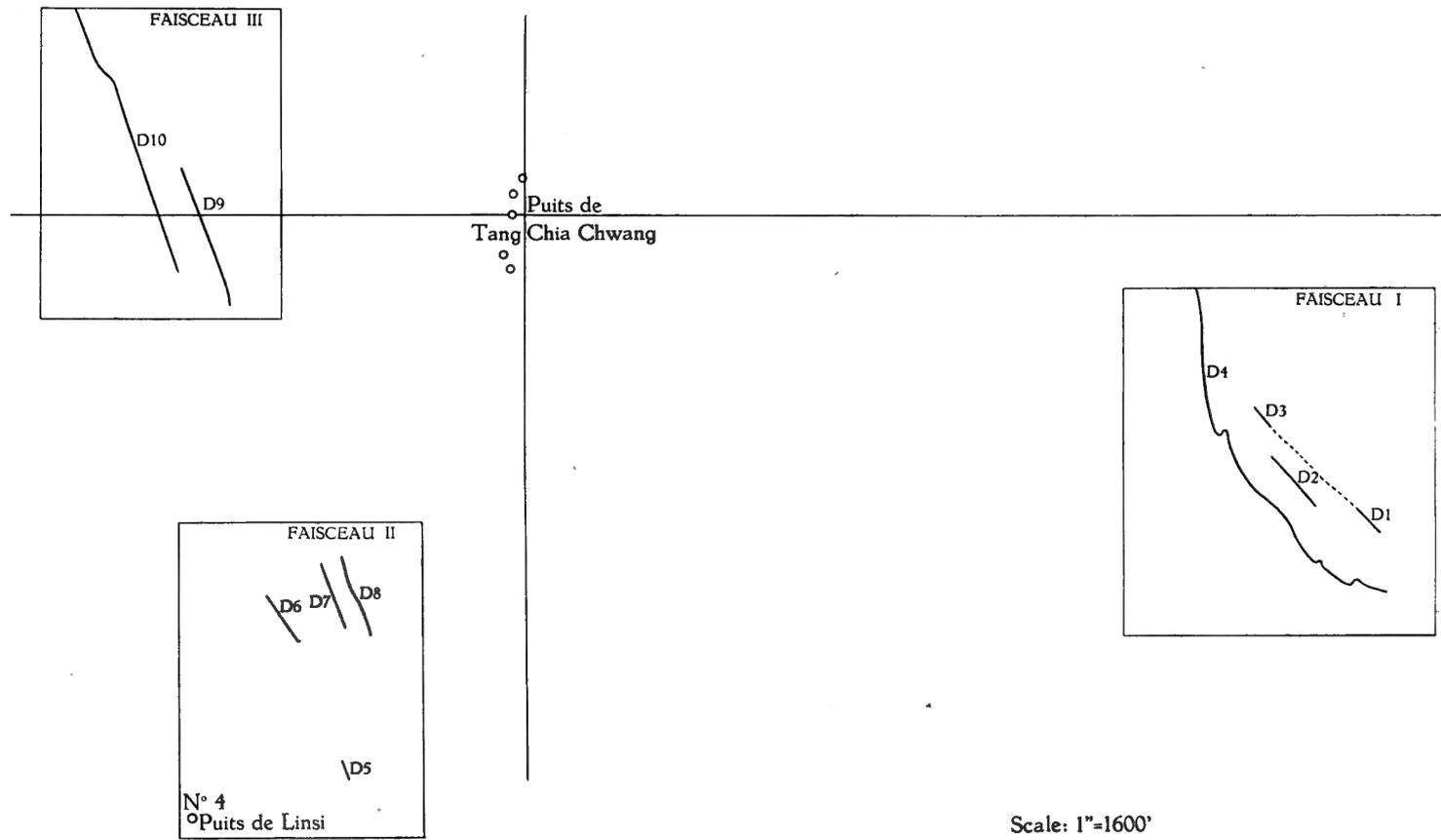


FIG. 1.

FAISCEAU I

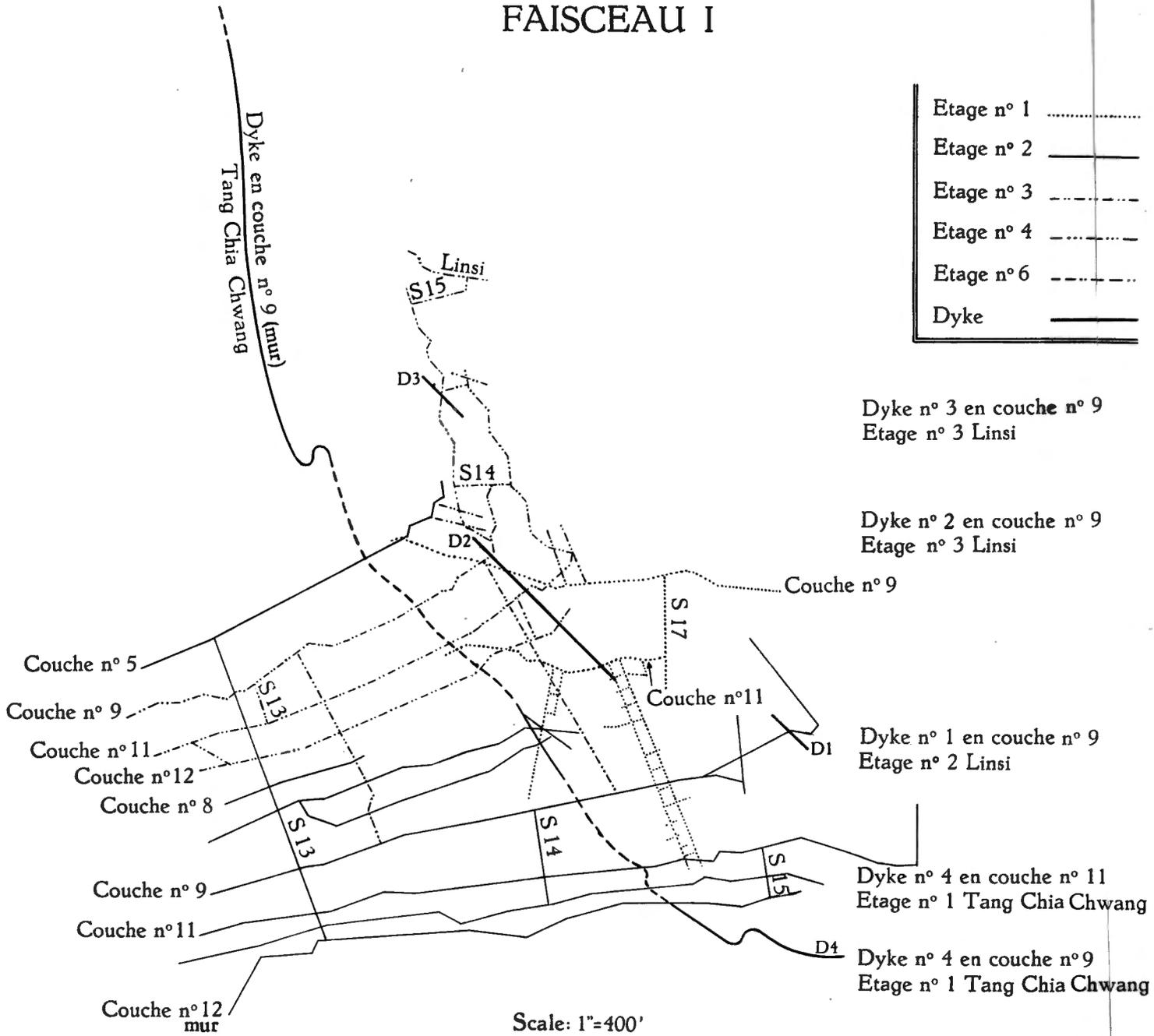


FIG. 2.

LES DYKES BASALTIQUES

DU BASSIN HOULLER DE KAIPING

ET LEUR INFLUENCE

SUR LES ROCHES ENCAISSANTES

Dans une première note, parue en 1922 dans les Annales de la Société géologique de Belgique, j'ai donné quelques indications sur le mode de gisement, la nature de ces roches intrusives et leur réaction métamorphique sur les roches encaissantes. Il s'agissait d'un faisceau de quatre dykes reconnu par des travaux d'exploitation à environ 3 km à l'Est du puits n° 4 du siège de Linsi, sur le flanc Sud-Est du synclinal de Kaiping.

Depuis lors de nouveaux gisements de ce genre ont été localisés dans les exploitations de Linsi et de Tang Chia Chwang, et actuellement on compte dix de ces dykes, dont huit sur le flanc Sud-Est du bassin et deux sur le flanc Nord-Ouest. Jusqu'ici tous les dykes connus sont situés dans la partie Nord-Est du bassin, dans l'aire de surélévation finale de son émergement. Les recherches effectuées durant mon dernier séjour permettent de compléter la connaissance sur ces roches intrusives, de fixer leur classification pétrographique et de préciser l'effet du métamorphisme thermal sur les couches de charbon et les schistes traversés par ces dykes.

I. — LOCALISATION DES DYKES.

Les dykes se répartissent en deux groupes principaux, le premier situé dans le secteur Est des exploitations de Linsi et de Tang Chia Chwang, et le second dans le secteur Ouest.

Le premier groupe comprend un seul faisceau de quatre dykes (c'est le gisement décrit en 1922) et l'autre deux faisceaux : l'un de quatre et l'autre de deux dykes. La figure n° 1 est un plan d'ensemble montrant la position des régions affectées par ces intrusions par rapport aux deux sièges d'exploitation. Les figures n° 2, 3 et 4 donnent le détail, à plus grande échelle, des trois faisceaux numérotés I, II et III.

FAISCEAU II

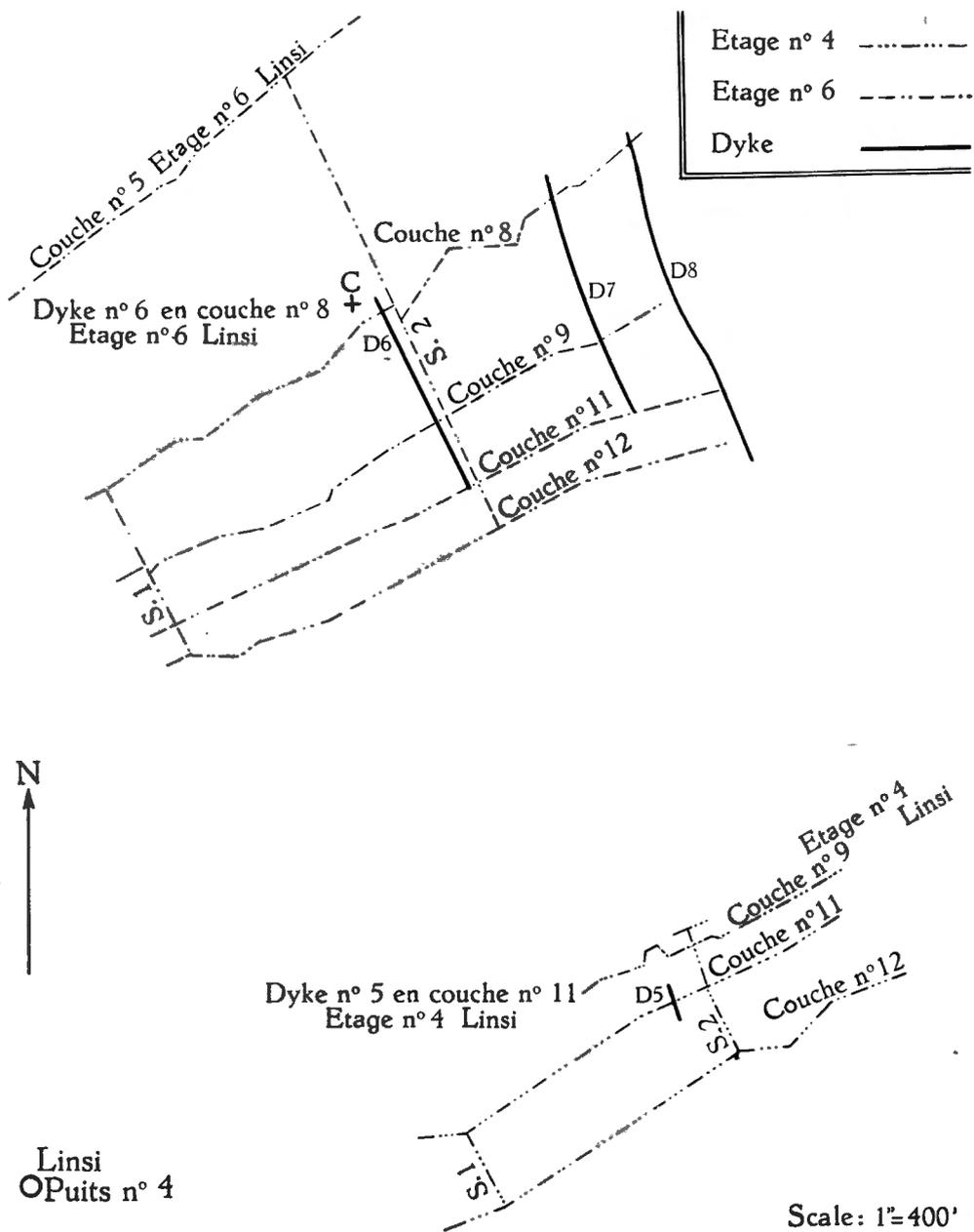


FIG. 3.

FAISCEAU III

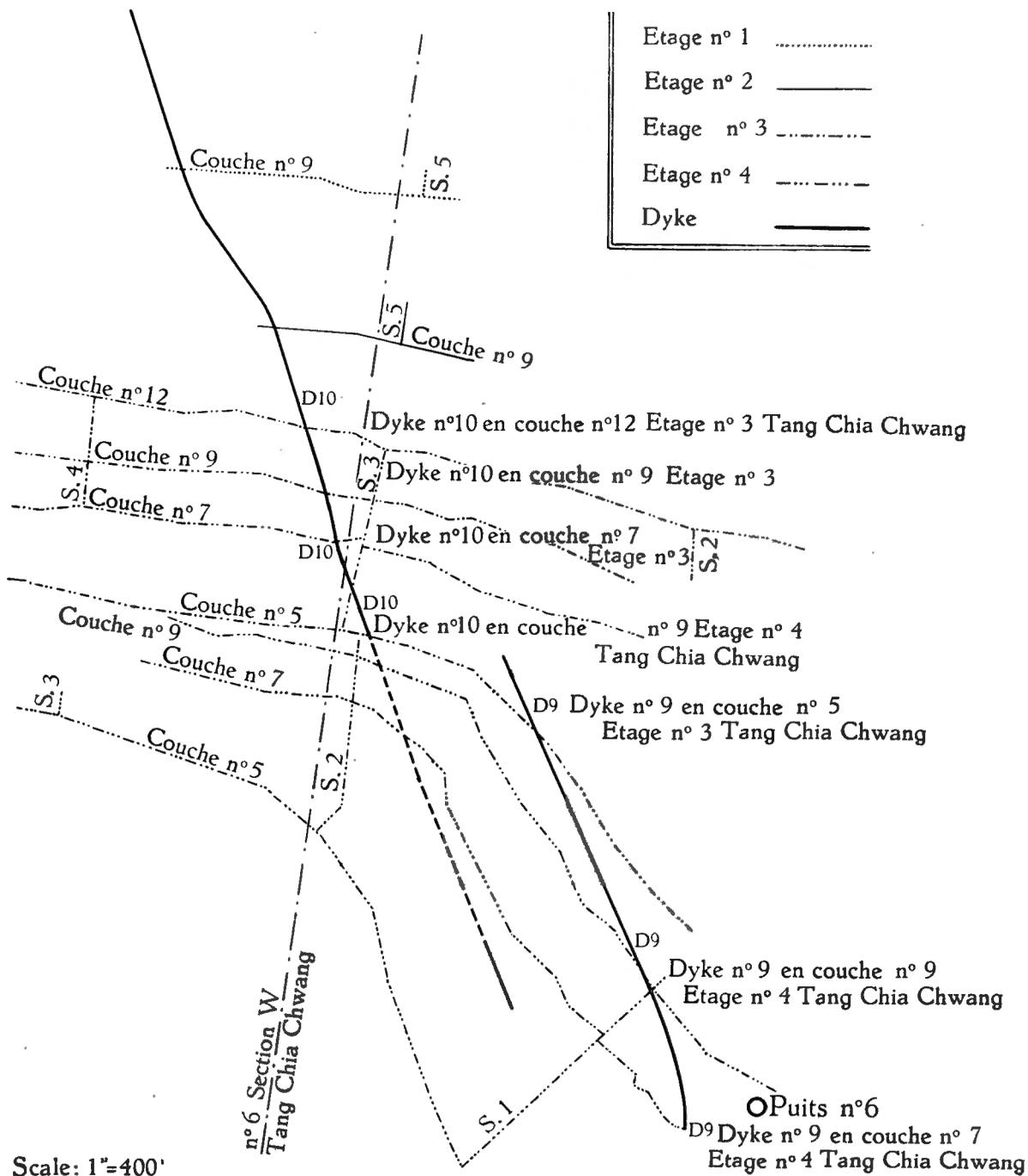


FIG. 4.

FAISCEAU N° I.

(Fig. 2.)

Ce faisceau est formé par les quatre anciens dykes de Linsi. Le développement intensif des exploitations a donné des renseignements complémentaires sur l'extension de ces dykes dans la partie du bassin exploitée par le siège de Tang Chia Chwang.

Le dyke n° 2, dont le passage n'était connu qu'à la traversée de la *Couche* n° IX à l'étage n° 3 Est de Linsi, a été pendant mon dernier séjour recoupé par un montage en *Couche* n° XI à l'étage n° 1 Est de Tang Chia Chwang. Il est ainsi jalonné en direction sur plus de 150 m.

Le dyke n° 4, dont le passage avait été autrefois repéré à la traversée des *Couches* n° IX et XI à l'étage n° 3 Est de Linsi, se prolonge très loin au NNW dans les exploitations de Tang Chia Chwang, où il suit le tracé d'une faille verticale transversale-oblique avec rejet de quelques mètres par affaissement du panneau Ouest. Le passage de ce dyke est actuellement reconnu sur une longueur de 1 km, en direction général NNW, avec légère courbure concave ouverte vers l'Est.

Il est possible que les dykes n° 1 et 2 se joignent pour n'en former qu'un seul.

FAISCEAU N° II.

(Fig. 3.)

Ce faisceau, qui est situé au Nord et un peu à l'Est de la méridienne du puits n° 4 du siège de Linsi, comprend quatre dykes se répartissant en deux secteurs :

1. — Le secteur Sud qui, jusqu'ici, ne comprend que le dyke n° 5, dont le passage a été étudié à la traversée de la *Couche* n° XI, près du bouveau n° 2 à l'étage n° 4 Est.

2. — Le secteur Nord comprend les dykes n° 6, 7 et 8, dont le passage a été étudié à la traversée des *Couches* n° VIII, IX, XI et XII à l'étage n° 6 Est entre les bouveaux n° 1 et 3. Ils ont été reconnus en direction NNW sur des longueurs comprises entre 130 et 200 m.

Il est possible que le dyke n° 6 soit le prolongement NNW du dyke n° 5.

FAISCEAU N° III.

(Fig. 4.)

Le faisceau n° III est situé à environ 900 m à l'Ouest du puits n° 4 du siège de Tang Chia Chwang et au Nord du faisceau n° 2. Il est formé des dykes n° 9 et 10. Le passage du premier est localisé à la traversée des *Couches* n° VII et IX à l'étage n° 4 Ouest et de la *Couche* n° V à l'étage n° 3, soit sur une longueur d'au moins 330 m. Le dyke n° 10 a été reconnu à sa traversée des *Couches* n° V,

VII et XII à l'étage n° 3 et de la *Couche* n° IX aux étages n° 2 et 1. Il est ainsi jalonné, en direction moyenne N 25° W, sur une longueur de plus de 1 km et sur une hauteur de 238 m, entre les étages n° 1 et 4.

En résumé, on a repéré dans la partie Nord-Est du bassin de Kaiping, aux sièges de Linsi et de Tang Chia Chwang, une dizaine de dykes de roches basaltiques, d'épaisseur variable mais toujours assez faible, traversant, comme à l'emporte-pièce, le gisement houiller aussi bien sur le flanc N-W (faisceau n° III) que sur le flanc S-E (faisceaux n° I et II).

Il est possible qu'il existe d'autres dykes du même genre dans la région comprise entre les deux groupes. Ces intrusions sont souvent passées inaperçues et ne sont généralement pas mentionnées sur les anciens plans d'exploitation. Je ne connais qu'une seule exception : c'est celle du dyke n° 1 dans la *Couche* n° IX à l'étage n° 2 Est de Linsi, qui était indiqué sur les plans comme « stone wall ».

Les dykes émettent parfois de courtes apophyses ou épiphyses dans la couche de charbon traversée ou dans les roches encaissantes. J'en ai observé plusieurs exemples et notamment pour le dyke n° 1 dans la *Couche* n° IX et pour le dyke n° 6 dans la *Couche* n° VIII.

II. — ÉPAISSEUR DES DYKES.

Le tableau suivant donne les épaisseurs moyennes ou extrêmes des dykes mesurées aux endroits où ils étaient accessibles.

TABLEAU N° 1.

Dykes	Épaisseur en cm
N° 1	30
N° 2	70
N° 3	60
N° 4	55 à 70
N° 5	30
N° 6	80 à 120
N° 7	20 à 25
N° 8	35
N° 9	40
N° 10	45

Il s'agit donc de dykes d'épaisseur faible ou moyenne.

Au cours d'un voyage dans la région, j'ai découvert en affleurement, près de la ville de Shih Men Tzai, des dykes similaires traversant la formation permohouillère de Liu Kiang et pénétrant parfois dans l'Ordovicien; leur épaisseur est de même ordre. Il n'en est pas ainsi dans les travaux d'exploitation de ce charbonnage, où l'on a rencontré un dyke d'andésite épais de 30 à 40 m, avec affaissement de 30 m en verticale du panneau situé à l'Ouest de son tracé.

III. — RAPPORTS DE GISEMENT AVEC LES ROCHES ENCAISSANTES.

Les dykes sont verticaux ou fortement inclinés (rarement en dessous de 70°); on observe d'ailleurs qu'un même dyke peut être vertical en un point et incliné en un autre.

L'inclinaison des couches est relativement faible, comprise entre 14 et 21° vers l'axe du bassin, sauf exception locale dans la zone d'influence du synclinal transversal de Linsi où sont localisés les dykes du faisceau n° I. En fait, les inclinaisons des couches encaissantes n'ont aucune influence sur l'allure des dykes qui sont orientés à peu près perpendiculairement par rapport à la direction générale du gisement, leur orientation étant voisine de celle des failles et des plis transversaux-obliques.

IV. — INFLUENCE TECTONIQUE SUR LA LOCALISATION DES DYKES.

L'examen des plans d'exploitation montre que les dykes sont localisés dans des régions disloquées.

Les dykes du faisceau n° I (n°s 1, 2, 3 et 4) sont situés dans la zone affectée par le passage d'un important synclinal transversal compliqué par l'existence de plusieurs failles locales. Ce synclinal transversal joue un rôle important dans la tectonique du bord S-E du bassin à l'Est de Linsi. Le dyke n° 4 suit d'ailleurs, sur une grande partie de son parcours, le tracé de l'une de ces failles, transversale-oblique.

Les dykes du faisceau n° III (n°s 9 et 10) sont également situés au voisinage de l'axe d'un synclinal transversal, moins accentué que le précédent, dont le passage est indiqué par la migration des voies de niveau dans les Couches n°s VII et IX à l'étage n° 4, et dans la Couche n° V à l'étage n° 3, décrivant une courbe ouverte au Sud-Ouest.

L'influence tectonique est moins prononcée pour les dykes n°s 5, 6, 7 et 8. Toutefois, ici encore, on se trouve dans une zone d'ennoyage, compliquée de failles transversales, dont les dykes n°s 7 et 8 ont emprunté, en partie, le trajet.

De ces observations on peut tirer deux conclusions importantes :

1° Les dykes de Linsi et de Tang Chia Chwang sont localisés dans des zones de complication des plis principaux par le passage de failles et de plis transversaux, ces dislocations complémentaires ayant facilité l'injection de ces dykes issus d'un batholithe profond.

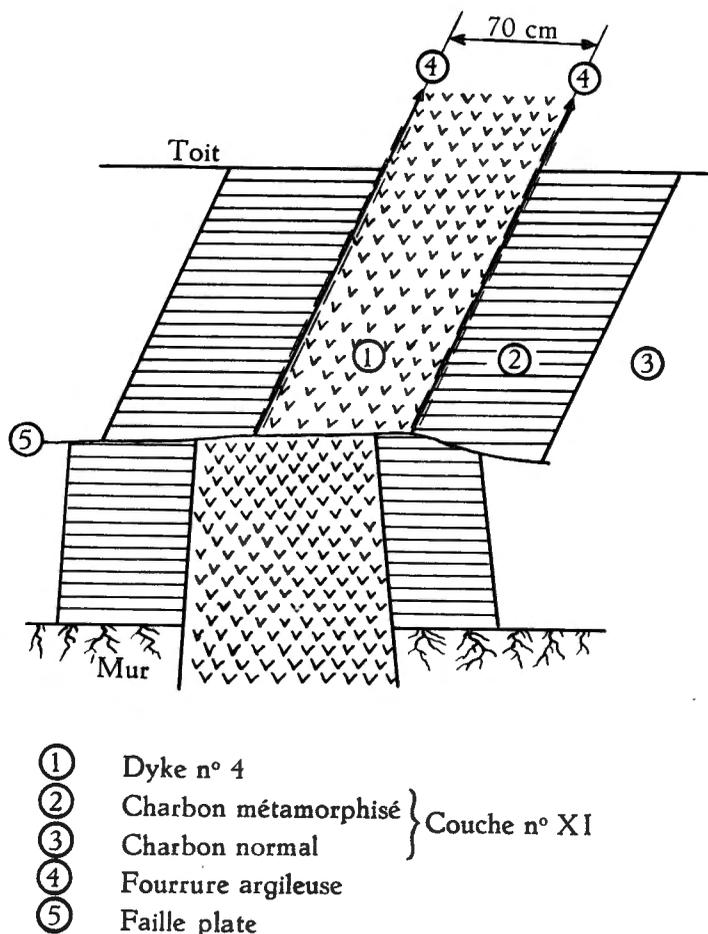


FIG. 5.

2° La venue des dykes est postérieure à la formation des failles et des plis transversaux. Après leur consolidation, certains de ces dykes ont été soumis à des poussées tangentielle locales et furent cisailés suivant des plans à peu près horizontaux. Il y eut parfois un léger changement d'inclinaison du tronçon situé au-dessus du plan de faille. J'ai observé des failles de ce genre sur le dyke n° 2 en *Couche* n° IX et le dyke n° 4 en *Couche* n° XI. La figure n° 5, levée à ce dernier passage, est reproduite de ma première étude sur ces dykes.

V. — CONTACT DYKE-ROCHES ENCAISSANTES.

Le contact entre les dykes et les roches encaissantes se fait généralement par une surface nette, sans aucune transition. Il y a parfois des exceptions. C'est ainsi que pour les dykes n^{os} 4 et 5 à Linsi, j'ai noté la présence d'une mince fourrure d'argile rouge séparant les roches en contact.

VI. — ÉTUDES PÉTROGRAPHIQUES DE LA ROCHE DES DYKES.

Comme nous le verrons plus loin, les roches des dykes de Linsi et de Tang Chia Chwang sont toutes de la même famille pétrographique, mais la texture y est différente suivant leur degré d'altération.

1° Pour les dykes n^{os} 5, 6, 7, 8, 9 et 10 (des faisceaux n^{os} II et III), la roche non ou peu altérée est du type porphyrique avec phénocristaux dans une pâte finement grenue; elle est de couleur noir mat.

2° Pour les dykes n^{os} 1, 2, 3 et 4 (du faisceau n^o I), la roche, le plus souvent fortement altérée, est de couleur gris légèrement verdâtre, et l'on y trouve souvent des amygdales dépassant parfois 1 cm de longueur, remplies de calcite et de zéolithes (probablement *stiblite* et *thomsonite*).

Ces roches furent étudiées par plusieurs spécialistes, et la première fois par le D^r WONG WEN HAO qui, pour des échantillons altérés provenant des dykes du faisceau n^o I, était arrivé à la conclusion qu'elles pouvaient être rapprochées des *lamprophyres alcalins*, variété de basalte.

En 1922, d'autres spécimens de même origine furent étudiés par le D^r F. K. MORRIS, professeur de pétrographie à l'Université de Paiyang (Tien Tsin), qui me communiqua ses résultats. Il considère cette roche comme un *basalte altéré* et estime que la texture amygdaloïde n'est pas originelle. Il s'agit de pseudo-amygdales, formées par un processus d'altération suivi de dépôts secondaires.

En 1947, grâce à l'amabilité du géologue C. Y. HSIEH, alors directeur du « Mineral Exploitation Bureau from Nankin », plusieurs échantillons, non ou peu altérés, provenant des dykes n^{os} 6, 8 et 9 furent étudiés par T. P. CHAO, chef du service pétrographique de ce bureau, à qui j'adresse ici mes remerciements.

Une analyse industrielle a été faite au laboratoire de la « Kailan Mining Administration », à Tongshan, sur un échantillon non altéré prélevé sur le dyke n^o 9, près de son passage dans la *Couche* n^o VII à l'étage n^o 4 Ouest de Tang Chia Chwang. Le laboratoire ne disposant pas des installations spéciales indispensables pour ce genre d'analyses scientifiques, les résultats obtenus sont forcément incomplets. J'y ai ajouté, pour comparaison, plusieurs analyses de roches similaires : *monchiquite* d'une part, *limburgite* de l'autre.

TABLEAU N° 2.

Analyse de la roche du dyke n° 9.

	Limburgite		Dyke n° 9	Monchiquite	
	1	2	3	4	5
SiO ₂	40,22	42,06	35,66	48,39	45,59
Al ₂ O ₃	14,41	12,18	16,07	11,64	12,93
Fe ₂ O ₃	7,42	2,67	10,45	4,09	4,97
FeO	2,76	7,89	7,25	3,57	4,70
TiO ₂	—	1,93	3,60	0,73	1,32
CaO	11,53	11,20	13,20	7,64	11,09
MgO	7,29	11,47	1,23	12,36	8,36
P ₂ O ₅	—	0,34	1,90	0,45	0,96
SO ₃	—	—	0,93	0,08	—
Alcalis	5,84	6,17	1,20	7,38	5,57
Humidité	—	—	0,96	—	—
Pertes par ignition	—	—	7,55	—	—
Densité	2,890	2,968	3,176	—	—

Origine des échantillons :

Limburgite : KEMP, *Handbook of Rocks*, p. 73. 1. Palma. 2. Hesse-Nassau.

Dyke n° 9 : Siège de Tang Chia Chwang, étage n° 4 Ouest; à la traversée de la couche n° VII.

Monchiquite : CLARKE, *Data on geochemistry*, p. 450. Analcite rocks. 4. Little Belt Mountains, Montana
5. Cripple Creek, Colorado.

Les résultats des analyses sont plus ou moins comparables. Toutefois, même en ramenant la proportion à 100, la roche du dyke n° 9 de Tang Chia Chwang est *moins siliceuse*, beaucoup moins magnésienne et moins alcaline et, par contre, plus alumineuse, plus ferrugineuse, plus titanifère et légèrement plus calcaireuse que les deux autres variétés basaltiques citées : limburgite et monchiquite. Sa densité est également plus élevée, résultat de sa plus haute teneur en fer et en titane.

D'après T. P. CHAO, sous le microscope cette roche basaltique est porphyrique avec phénocristaux d'*olivine* et d'*augite* dans une pâte formée d'*augite*, *biotite*, *magnétite* et *apatite*. L'*olivine* est confinée dans les phénocristaux et l'on observe deux générations d'*augite*. Les caractéristiques spéciales de cette

roche sont l'absence totale de *feldspath* et l'existence d'*analcime* dans les minéraux primaires essentiels. La présence dans l'une des roches étudiées de *calcite* primaire est un phénomène intéressant à noter.

Le tableau n° 3 donne, d'après les conclusions de T. P. CHAO, la répartition des minéraux identifiés suivant l'époque de leur formation. On pourra comparer cette liste à celle qui fut élaborée par le professeur F. K. MORRIS, et qui est reproduite dans ma première étude sur les dykes de Kaiping.

TABLEAU N° 3.

Minéraux des dykes de Kaiping.

Minéraux primaires	Minéraux secondaires (altération, pseudomorphose)	Minéraux tertiaires (introduits postérieurement)
<i>Essentiels</i> { Augite Olivine Apatite Biotite titanifère	Chlorite Hornblende Antigorite Bowlingite Talc Quartz Limonite Rutile Leucoxène	Calcite Dolomite Ankérite Stiblite Thomsonite Phyllites
<i>Accessoires</i> { Magnétite titanifère Analcime Calcite		

Aux points de vue pétrographique et textural, la roche des dykes de Kaiping présente des affinités avec la *limburgite*, mais on y observe quelques variétés.

La classification adoptée par T. P. CHAO pour les quatre échantillons étudiés est la suivante :

Dyke n° 9 : *Limburgite porphyrique à analcime*. D'après sa composition minéralogique et son mode de gisement cette roche peut être classée dans la variété *monchiquite*, nom suggéré par ROSENBUCH pour les dykes basaltiques à analcime du mont Monchiquite au Portugal.

Dyke n° 10 : *Limburgite porphyrique*. Roche analogue à la précédente, mais l'analcime y fait défaut.

Dyke n° 6 : *Limburgite porphyrite*. Roche analogue à la précédente, mais en plus présence de phénocristaux rhombiques de calcite primaire dans la pâte, d'apatite entourant les cristaux d'augite et, enfin, altération de l'olivine en bowlingite et en talc.

Dyke n° 7 : *Limburgite altérée*.

VII. — MÉTAMORPHISME THERMIQUE DU CHARBON AU CONTACT DES DYKES.

Dans ma publication précédente sur les dykes du faisceau n° I, j'ai examiné quelles avaient été leurs réactions thermiques sur les couches de charbon traversées. Depuis lors, la découverte de nouveaux dykes, les observations faites sur leur mode de gisement et aussi les résultats de nombreuses analyses permettent de compléter la documentation sur les manifestations de ce métamorphisme thermique.

Dans le tableau n° 4 (voir p. 58), j'ai groupé les résultats des analyses qui furent faites sur des échantillons de charbon, prélevés les uns au contact du dyke, les autres à une distance suffisante pour que le charbon, n'étant plus affecté par l'intrusion, ait conservé sa composition normale.

Pour l'ensemble des dykes, les résultats de ces analyses peuvent se résumer comme suit :

	Charbon normal	Charbon métamorphisé
Teneurs en matières volatiles	26,5 à 35,1 %	9,1 à 16,3 %
Teneurs en cendres	13,0 à 17,1 %	24,0 à 41,6 %
Teneurs en carbone fixe	53,8 à 59,4 %	46,3 à 60,9 %

La réaction métamorphique des dykes sur le charbon s'est manifestée sous différentes formes :

1° MODIFICATION DE LA COULEUR. — Le charbon des couches n°s V, VII, VIII, IX et XI est normalement noir, brillant ou semi-brillant. A proximité immédiate des dykes il prend un aspect gris cendré, sale, très caractéristique. Ce changement de couleur s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la paroi du dyke, et à une distance de 50 à 75 cm du contact le charbon reprend rapidement son aspect normal.

2° MODIFICATION DE LA COMPACTITÉ. — Le charbon des couches n°s VIII et IX est relativement tendre et même parfois friable; celui de la couche n° VII est assez résistant et celui de la couche n° XI très résistant et compact. Dans la zone de métamorphisme thermique, tous ces charbons deviennent compacts, plus résistants et plus denses, en raison sans doute d'une sorte de « cuisson » sous l'influence de la chaleur dégagée par les dykes au cours de leur consolidation. En dehors de la zone métamorphisée les couches de charbon reprennent leurs caractéristiques physiques habituelles.

3° MODIFICATION DE LA STRUCTURE. — Les houilles de Kaiping sont du type zonaire par alternance de lits peu épais de vitrain, de clarain, de durain et plus rarement de fusain. Au contact du dyke la structure zonaire est remplacée par une structure colonnaire. Les colonnes, de section polygonale, sont juxtaposées

et disposées perpendiculairement à la paroi du dyke, comme c'est le cas pour le coke industriel au contact de la paroi du four. Cette structure colonnaire ne s'étend pas à plus de 30-50 cm du dyke, et au-delà on retrouve la structure zonaire normale.

J'ai observé la même structure sur des charbons d'âge permo-carbonifère et jurassique inférieur, métamorphisés au contact de dykes de roches andésitiques dans les exploitations houillères de Liu Kiang, Hsin Yeh et Hia Chin Yu,

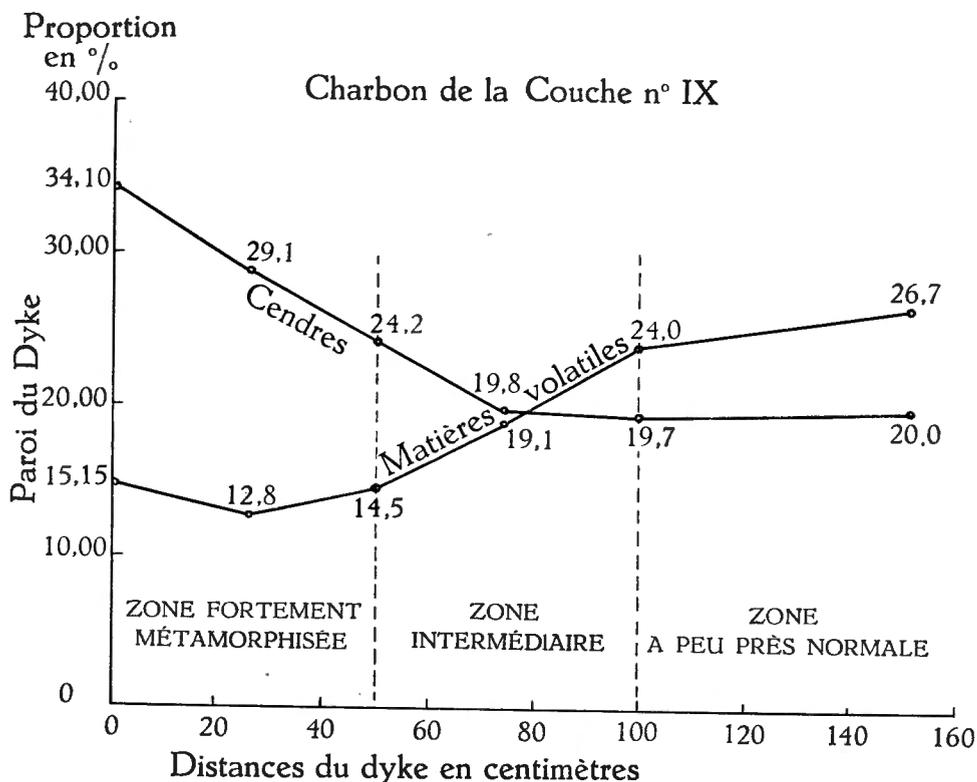


FIG. 6.

près de la vieille cité de Shih Men Tzai, à proximité du port de Ching Wang Tao dans le Nord de la province du Hopei. On m'a également remis des échantillons similaires provenant des bassins permo-houillers du Shantung et des gisements ligniteux d'âge miocène de Mindanao aux Iles Philippines.

4° RÉDUCTION DES TENEURS EN MATIÈRES VOLATILES. — Ces réductions sont indiquées dans le tableau n° 4 pour le charbon de quelques couches sous l'influence de différents dykes. Cette réduction, qui varie dans des limites comparables pour les différentes couches et quel que soit le dyke, n'est pas fonction de la teneur plus ou moins élevée en matières volatiles des charbons, ni de l'épaisseur des dykes. Il semble que seule la température de consolidation des dykes ait joué un rôle important.

LES DYKES BASALTIQUES

TABLEAU N° 4.

Métamorphisme du charbon au contact des dykes.

Couches de charbon	Dykes	Situation	Charbon			Modification des teneurs	
				normal %	contact du dyke %	unités	%
N° VII	N° 10 Épaisseur : 45 cm	T-C-C Étage n° 4 W	MV ₁	28,0	13,9	- 14,1	- 50
			MV ₂	31,2	19,2	- 12,0	- 38
			Cendres	17,1	27,9	+ 10,8	+ 63
			C.F.	54,9	58,2	+ 3,3	+ 6
N° VIII	N° 6 Épaisseur : 90 cm	T-C-C Étage n° 6 W Bouveau n° 2	MV ₁	30,1	12,1	- 18,0	- 59
			MV ₂	34,6	20,4	- 14,2	- 41
			Cendres	13,0	41,6	+ 28,6	+ 220
			C.F.	56,9	46,3	- 10,6	- 18
N° IX	N° 1 Épaisseur : 30 cm	Linsi Étage n° 2 E Bouveau n° 14	MV ₁	30,5	12,4	- 18,1	- 59
			MV ₂	35,0	20,7	- 14,3	- 40
			Cendres	12,9	40,1	+ 27,2	+ 210
			C.F.	56,6	47,5	- 9,1	- 16
	N° 2 Épaisseur : 35 cm	Linsi Étage n° 3 E	MV ₁	30,0	15,4	- 14,6	- 49
			MV ₂	34,2	23,2	- 11,0	- 32
			Cendres	13,2	33,8	+ 20,6	+ 15
			C.F.	56,8	50,8	- 5,0	- 9
	N° 3 Épaisseur : 35 cm	Linsi Étage n° 3 E	MV ₁	28,5	14,2	- 14,3	- 50
	N° 10 Épaisseur : 45 cm	T-C-C Étage n° 3 W Bouveau n° 3	MV ₁	29,2	9,6	- 19,6	- 67
			MV ₂	33,9	13,5	- 20,4	- 60
			Cendres	14,0	29,5	+ 15,5	+ 110
			C.F.	56,8	60,9	+ 4,1	+ 7

Abréviations : T-C-C = Tang Chia Chwang.

MV₁ = Matières volatiles sur charbon brut séché.MV₂ = Matières volatiles sur charbon brut séché, cendres déduites — Indice.

C.F. = Carbone fixe.

Couches de charbon	Dykes	Situation	Charbon			Modification des teneurs	
				Normal %	Contact du dyke %	unités	%
N° XI	N° 2 Épaisseur : 32 cm	T-C-C Étage n° 1 E Bouveau n° 17	MV ₁	28,5	15,0	— 13,5	— 47
			MV ₂	32,8	21,5	— 11,3	— 34
			Cendres	13,2	30,0	+ 16,8	+ 123
			C.F.	58,3	55,0	— 3,3	— 5
	N° 4 Épaisseur : 70 cm	Linsi Étage n° 3 E Bouveau n° 14	MV ₁	26,5	14,5	— 12,0	— 45
			MV ₂	30,7	19,2	— 11,5	— 37
			Cendres	14,1	24,0	+ 9,9	+ 70
			C.F.	59,4	61,5	+ 2,1	+ 3
	N° 5 Épaisseur : 30 cm	Linsi Étage n° 4 E Bouveau n° 2	MV ₁	29,1	16,3	— 12,8	— 44
			MV ₂	34,5	22,5	— 12,0	— 35
			Cendres	15,6	28,0	+ 12,4	+ 80
			C.F.	55,3	55,7	+ 0,4	—

Ces réductions varient entre les limites extrêmes de 12 et 19,6 unités, représentant des proportions de 45 à 60 % des matières volatiles brutes contenues dans les charbons métamorphisés.

Cette réduction n'est pas graduelle. Elle est très nette à proximité du dyke sur des distances de 25 à 50 cm, mais en s'éloignant de la paroi le gradient de réduction diminue irrégulièrement pour aboutir à la teneur normale. Il y a parfois de véritables anomalies, et dans plusieurs cas la réduction des matières volatiles est plus accentuée à une certaine distance du dyke que près du contact. Le diagramme de la figure n° 6 montre que, pour le cas étudié, la teneur en matières volatiles qui était de 15,5 % au contact de la paroi du dyke est réduite à 12,8 % à une distance de 25 cm de cette même paroi pour remonter ensuite à la teneur normale. Ces anomalies peuvent s'expliquer par un apport secondaire de calcite après la mise en place du dyke, la zone de contact pouvant constituer un chenal plus facile pour la circulation des eaux superficielles calcareuses. Les matières volatiles de la calcite, en l'occurrence le CO₂ qui se dégage à la calcination au cours de l'analyse, s'ajoutent aux matières volatiles du charbon.

5° AUGMENTATION DES TENEURS EN CENDRES. — L'augmentation des teneurs en cendres du charbon dans la zone de métamorphisme est bien mise en évidence dans les colonnes du tableau n° 4. Cette augmentation varie entre 9,9 et 28,6 unités, ce qui correspond à un accroissement de 70 à 220 % des teneurs initiales en cendres. Il faut être prudent dans l'appréciation de ces chiffres, car à toute

réduction de matières volatiles du charbon correspond une augmentation à peu près proportionnelle des teneurs en cendres. Mais lorsque la réduction de la proportion des matières volatiles est notablement inférieure à l'accroissement de la proportion des cendres, on doit admettre qu'une partie de celles-ci est due à un apport du dyke ou au dépôt de minéraux secondaires. Il est vraisemblable qu'il s'agit surtout d'un apport secondaire démontré par l'existence de minces pellicules de carbonates (calcite, ankérite) et de taches de pyrite sur les parois des colonnes du charbon métamorphisé.

6° FORMATION DE SEMI-COKE AU CONTACT DU DYKE. — La structure et la composition du charbon métamorphisé montrent que le phénomène est comparable à celui de la distillation du charbon à basse température pour la fabrication du semi-coke.

Le tableau n° 5 met en regard les résultats de la distillation du même charbon par le procédé naturel, ayant utilisé le dyke comme source de chaleur, et par le procédé industriel, utilisant des cornues à chauffage extérieur.

TABLEAU N° 5.

Distillation à basse température.

	Carbonisation naturelle Dyke		Carbonisation industrielle (environ 550°)	
	Couche n° XI (moyenne)	Couche n° IX (moyenne)	Couche n° XI	Couche n° IX
Huile brute par tonne	—	—	56,8 l	24,9 l
Volume gaz par tonne	—	—	70,7 m ³	42,4 m ³
Semi-coke	—	—	73,8 %	85,0 %
Matières volatiles	15,3 %	12,8 %	13,0 %	12,0 %

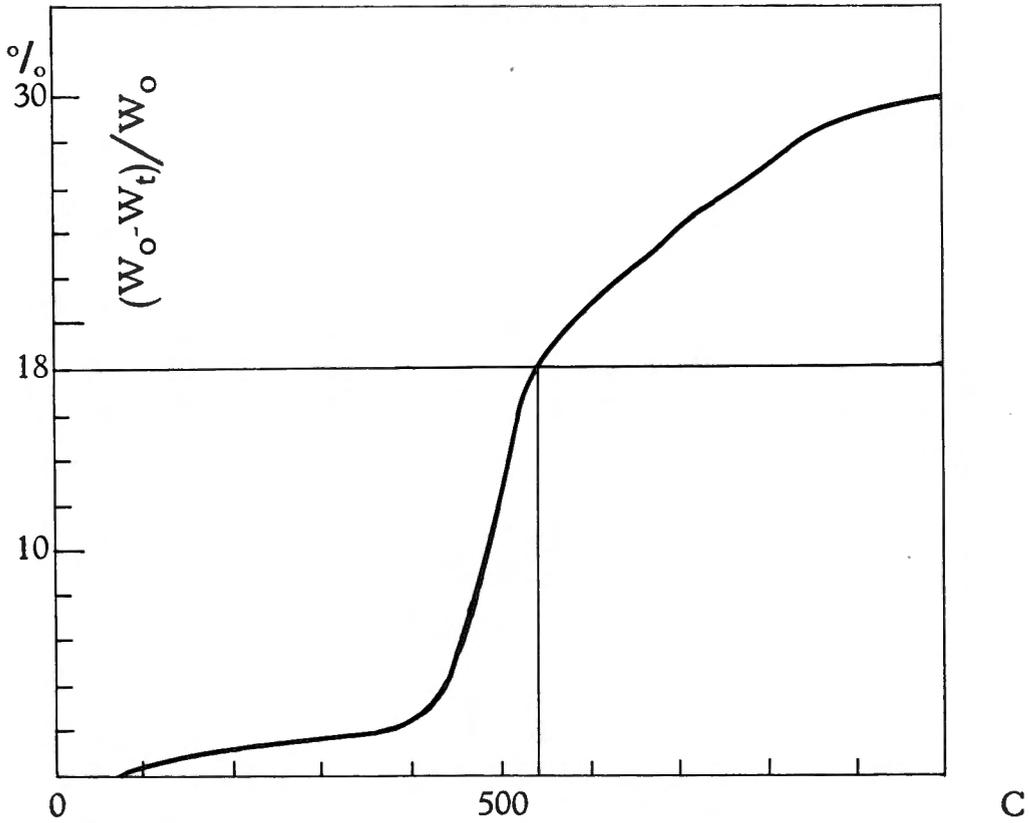
La distillation à basse température du charbon des *Couches* n° XI et IX et leur distillation naturelle sous l'action de la chaleur issue du dyke en voie de consolidation donnent des résultats comparables au point de vue de la teneur en matières volatiles du semi-coke obtenu. On peut donc admettre que ces opérations se sont faites toutes deux à une température voisine de 550°.

Au cours d'études, entreprises par « Research Institute for National Resources of Tokyo », sur la réduction du poids des charbons japonais pendant leur distillation, un échantillon de charbon de Kaiping fut également essayé à titre comparatif.

D'après la composition indiquée pour cet échantillon. :

Humidité	1,33 %,
Cendres	12,97 %,
Matières volatiles	30,36 %,
Carbone fixe	55,35 %,

il provient de la couche n° IX de Kaiping.



W_0 Poids à la température ambiante.
 W_t Poids à la température de carbonisation indiquée.

FIG. 7.

Les résultats de ces essais montrent que l'échantillon de Kaiping commence à ramollir à 390° et que pour des charbons à coke de qualité moyenne, la réduction de poids, c'est-à-dire la perte en matières volatiles, atteint les deux tiers à la température de 550°.

En reportant sur le diagramme (fig. n° 7) la teneur moyenne de la réduction en matières volatiles au contact dyke/Couche n° IX, soit en moyenne générale

18 %, on constate que cette perte se fait à la température de 540° : conclusion conforme à la précédente basée sur des essais de distillation à basse température.

D'après les tableaux de CLARKE, la température de fusion de la *limburgite* est de 995 à 1.000°, mais sa température de consolidation est beaucoup moins élevée et probablement voisine de 600° (SHAND). On se rapproche ainsi de la température de carbonisation industrielle pour la fabrication du semi-coke.

7° MODIFICATION DE LA COMPOSITION DES CENDRES. — L'analyse des cendres du semi-coke naturel formé dans les couches n° VIII et IX, au contact des dykes n° 6 et 10, a donné des résultats que nous comparons à ceux qui ont été obtenus pour les cendres de charbon tout-venant à Linsi.

TABLEAU N° 6.

Analyses des cendres.

	T-C-C Couche n° VIII Étage n° 6 Bouveau n° 2 Semi-coke	T-C-C Couche n° IX Étage n° 3 Bouveau n° 2 Semi-coke	Linsi Charbon tout-venant Teneurs extrêmes
SiO ₂	52,94 %	57,24 %	47,73 à 49,16 %
Al ₂ O ₃	41,51 %	27,28 %	34,94 à 40,72 %
Fe ₂ O ₃	traces	1,72 %	4,06 à 12,80 %
CaO	2,12 %	11,98 %	2,55 à 4,55 %
MgO	traces	0,50 %	0,63 à 0,74 %
Na ₂ O	1,68 %	1,04 %	1,11 à 2,06 %

Les teneurs en silice des cendres de ces deux échantillons de semi-coke naturel sont donc plus élevées que celle du charbon tout-venant le plus siliceux, respectivement 52,94 et 57,24 % contre 49,16 %. Il est difficile mais non impossible, car j'en ai observé plusieurs cas, d'envisager une silicification de la roche encaissante par une roche basique déficiente en silice, du type de la *limburgite* des dykes de Kaiping. Le semi-coke de la Couche n° IX est également beaucoup plus calcaireux que le charbon tout-venant de Linsi, dont la teneur la plus élevée est à peine de 4,55 %. Ici encore il s'agit vraisemblablement d'un dépôt secondaire de calcite, postérieur à la mise en place du dyke.

8° AUGMENTATION DE LA TENEUR EN SOUFRE. — Sur plusieurs analyses où l'on a dosé le soufre total on constate que sa proportion est plus élevée dans le

semi-coke que dans le charbon normal. La présence de menus cristaux et d'enduits de pyrite secondaire à la surface des colonnes du semi-coke est l'explication la plus vraisemblable de cet excès de soufre.

9° ÉLIMINATION DES PRODUITS DE DISTILLATION. — Nous avons vu que dans le bilan technique de la carbonisation industrielle à basse température du charbon des *Couches* n^{os} IX et XI une proportion assez importante d'huile et de gaz se dégageaient au cours de l'opération. Dans la pratique industrielle ces produits sont récupérés et séparés à leur sortie de la cornue. La situation est différente pour la carbonisation naturelle, qui se fait dans un milieu rocheux entièrement clos. Il est possible qu'une partie du gaz dégagé au cours de la distillation puisse s'échapper par les multiples fissures produites par la mise en place du dyke et se disséminer dans les roches encaissantes. Pour ce qui concerne l'huile il est plus difficile d'admettre une pareille migration, et il est vraisemblable qu'elle soit restée enclose dans le semi-coke et le charbon voisin. Les plages irisées que l'on observe parfois sur les colonnes du semi-coke pourraient avoir cette origine.

10° PRÉSENCE DE FISSURES AU VOISINAGE DU CONTACT. — Au cours de la distillation il se produit un gonflement du culot de coke. La distillation naturelle, sous l'action thermique des dykes, se fait en milieu clos et sous la pression des roches encaissantes. Dans ces conditions le gonflement n'a pu se produire, et il en est résulté des pressions internes dont l'effet s'est manifesté par la formation de cassures et fissures locales au voisinage du contact. Ces fissurations ont facilité le dépôt des minéraux secondaires.

11° FAIBLE ÉPAISSEUR DE LA ZONE DE CHARBON MÉTAMORPHISÉ. — La zone nettement influencée par le métamorphisme de contact ne dépasse guère une largeur de 75 cm, et il s'agit à peu près exclusivement d'une action thermique. La faible intensité de ce métamorphisme résulte de la nature ultra-basique de la roche intrusive, de l'absence de constituants fugitifs et enfin de la faible conductibilité thermique du charbon (0,00063 calorie par seconde, par centimètre carré et par degré de différence de température). En outre, la consolidation du dyke pâteux commençant par la périphérie, la croûte qui se forme à son contact avec le charbon constitue un véritable écran thermique.

VIII. — MÉTAMORPHISME DES SCHISTES DU TOIT
AU CONTACT DES DYKES.

Étant donnée l'altération subie par les roches encaissantes : toit et mur des couches à proximité des dykes, il est difficile d'observer le degré réel de métamorphisation de ces roches. De plus, les fissurations locales provoquées par la mise en place des dykes ont favorisé la circulation des eaux souterraines et le remplissage de ces cavités par des minéraux secondaires : carbonates et pyrite.

J'ai autrefois observé le schiste du toit de la *Couche* n° XI à proximité immédiate et à 1 m de la paroi du dyke. A cette distance le schiste est normal, tandis que près du contact il est durci et semble avoir subi un commencement de cuisson; les matières noires incorporées à ce schiste sont transformées en une sorte d'anthracite gris et la couleur noire de la roche normale passe à un gris mat.

Il est difficile d'entreprendre des études pétrographiques sur des roches aussi altérées, mais leur analyse permet d'en tirer quelques indications. Deux échantillons du toit schisteux noir de la *Couche* n° XI, l'un prélevé au contact même du dyke et l'autre à une distance de 4,20 m de ce contact, ont été analysés au laboratoire de la « Kailan Mining Administration ».

TABLEAU N° 7.

Schiste du toit de la couche n° XI. Tang Chia Chwang. Étage n° 1 Est, bouveau n° 17.

	A 4,20 m du dyke n° 2	Au contact du dyke n° 2
SiO ₂	34,00 %	55,08 %
Al ₂ O ₃	26,99 %	12,88 %
Fe ₂ O ₃	14,83 %	8,77 %
CaO	11,20 %	6,50 %
MgO	0,65 %	2,38 %
S	traces	1,70 %
Pertes par ignition	11,56 %	10,75 %

Les modifications principales qu'on peut y déceler sont une silicification, une décalcification et un accroissement de la teneur en soufre du schiste du toit au contact du dyke. Normalement le schiste du toit de la *Couche* n° XI est argileux et calcaireux.

En conclusion, la réaction métamorphique des dykes sur les roches encaissantes schisteuses est faible et localisée au voisinage immédiat du contact.

En résumé, l'action métamorphique des dykes de *limburgite* sur les roches encaissantes : charbon et schiste, a été relativement faible et à peu près exclusivement d'ordre thermique, comme c'est souvent le cas pour les dykes de roches basiques. Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de dykes de roches acides, où à l'effet thermique s'ajoute l'action des vapeurs et de gaz issus de ces roches au cours de leur consolidation, produisant un métamorphisme de contact plus intense et plus étendu, compliqué de phénomènes de substitution.

Le coefficient masse de la roche intrusive doit jouer un rôle lorsqu'il s'agit d'intrusions importantes comme quantité de calories disponibles. Ce coefficient n'intervient guère pour des dykes aussi peu épais que ceux de Kaiping. Par contre, dans le bassin houiller de Liu Kiang, la venue de l'important complexe éruptif andésitique de Tai Shan a complètement disloqué le gisement et injecté de dykes en de nombreux points. A son voisinage les schistes, jurassique et permo-houiller, ont été recuits et les pellicules charbonneuses des empreintes végétales transformées en pseudographite. Enfin, il est vraisemblable que l'anthracitisation des houilles de Liu Kiang serait due, en partie du moins, à l'action thermique de cet énorme massif intrusif.

Il en est de même à Mambulao, aux Iles Philippines, où un gisement de charbon bitumineux d'âge miocène est transformé en un bel anthracite au voisinage d'un important massif d'andésite. Dans ces deux cas l'action thermique a duré plus longtemps en raison de l'énorme quantité de calories emmagasinées dans ces importants magmas au moment de leur intrusion ou de leur épanchement.

ÂGE GÉOLOGIQUE DE LA VENUE.

Les formations sédimentaires du bassin de Kaiping, du Sinien à l'assise de Wali, ont été plissées par des mouvements orogéniques débutant à la fin du Jurassique inférieur, que l'on rapporte à la phase n° 2 de l'orogénie fengshannienne, s'étalant du Jurassique moyen au Crétacé moyen.

Les dykes de *limburgite* traversent les zones disloquées et se surimposent parfois aux failles transversales, qui sont les dernières manifestations des failles et plissements principaux du bassin de Kaiping. Ils sont donc postérieurs à cette orogénie.

Dans la région de Liu Kiang la fin de ces plissements est marquée par les venues d'un important laccolite et de nombreux dykes de roches *andésitiques* affectant le bassin tout entier, y compris le Jurassique inférieur à couches d'anthracite.

D'autre part, des venues plus récentes, en rapport avec les phases n^{os} 3, 4 et 5 de l'orogénie fengshanienne, traversent les couches du Crétacé moyen et supérieur. L'une de ces venues, formée de *lamprophyre*, roche basaltique de la même famille que la *limburgite* de Kaiping, est bien connue dans les régions de Peiping, de Nankin, du Chekiang et même aussi loin que Hong Kong.

C'est donc vraisemblablement à cet épisode qu'il faut rapporter la venue des dykes de Kaiping, que l'on pourrait ainsi dater du Crétacé moyen ou supérieur.

BIBLIOGRAPHIE.

- MATHIEU, F. F., *Les dykes intrusifs du bassin de Kaiping*. (Ann. Soc. géol. Belg., t. XLV, Bull., Liège, 1922.)
- *La géologie de la région de Shih Men Tzai*. (Bull. Geol. Survey of China, Peiping, 1922.)
- *Contribution à la connaissance de la stratigraphie et de la tectonique du Jurassique à couches de houille. Chapitre II : Le bassin houiller de Liu Kiang*. (Édit. Patrimoine Mus. Hist. nat. Belg., Bruxelles, 1941.)
- WONG WEN HAO, *La roche intrusive de Linsi*. (Note inédite, 1922.)
- *Crustal movements and igneous activities in Eastern China since Mesozoic time*. (Bull. Geol. Survey of China, Peiping, 1927.)
- MORRIS, F. K., *A petrographic study of a sample of core-bearing*. Prepared for F. F. MATHIEU. (Note inédite, Tien Tsin, 1922.)
- *A petrographic study of the Linsi dyke*. (Note inédite, Tien Tsin, 1922.)
- HSIEH, C. H., *On the late Mesozoic-Early Tertiary orogenesis and vulkanisme, and their relation to the formation of the metallic deposits*. (Bull. Geol. Survey of China, Peiping, 1935.)
- CHAO, T. P., *A petrographic description of some basic dyke rocks collected by F. F. Mathieu. The Kaiping Basin, North China*. (Note inédite, Nankin, 1947.)
- SUZUKI, K., KITAZAKI, U. and YAGISHITA, H., *On the elementary structure of coal with special reference to its property of Coking*. (Contribution from Research Institute for Natural Resource, Tokyo. Japanese Journal of Geology and Geography Transactions, vol. XXII, Tokyo, March 30th, 1952.)
-

