

P 395

MÉMOIRES DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE

VOLUME III

FASCICULE IV

ÉTUDE DES PLISSEMENTS ET DES ZONES D'ÉCRASEMENT

DE LA

MOYENNE ET DE LA BASSE RIVIÈRE NOIRE

PAR

J. DEPRAT

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE



R. 176

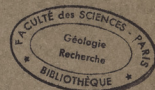
UNIVERSITÉ DE PARIS
LABORATOIRE DE GÉOLOGIE

— ON DEMET —

HANOI-HAIPHONG

Imprimerie d'Extrême-Orient

1914





090-017263 9

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR

MEMORANDUM

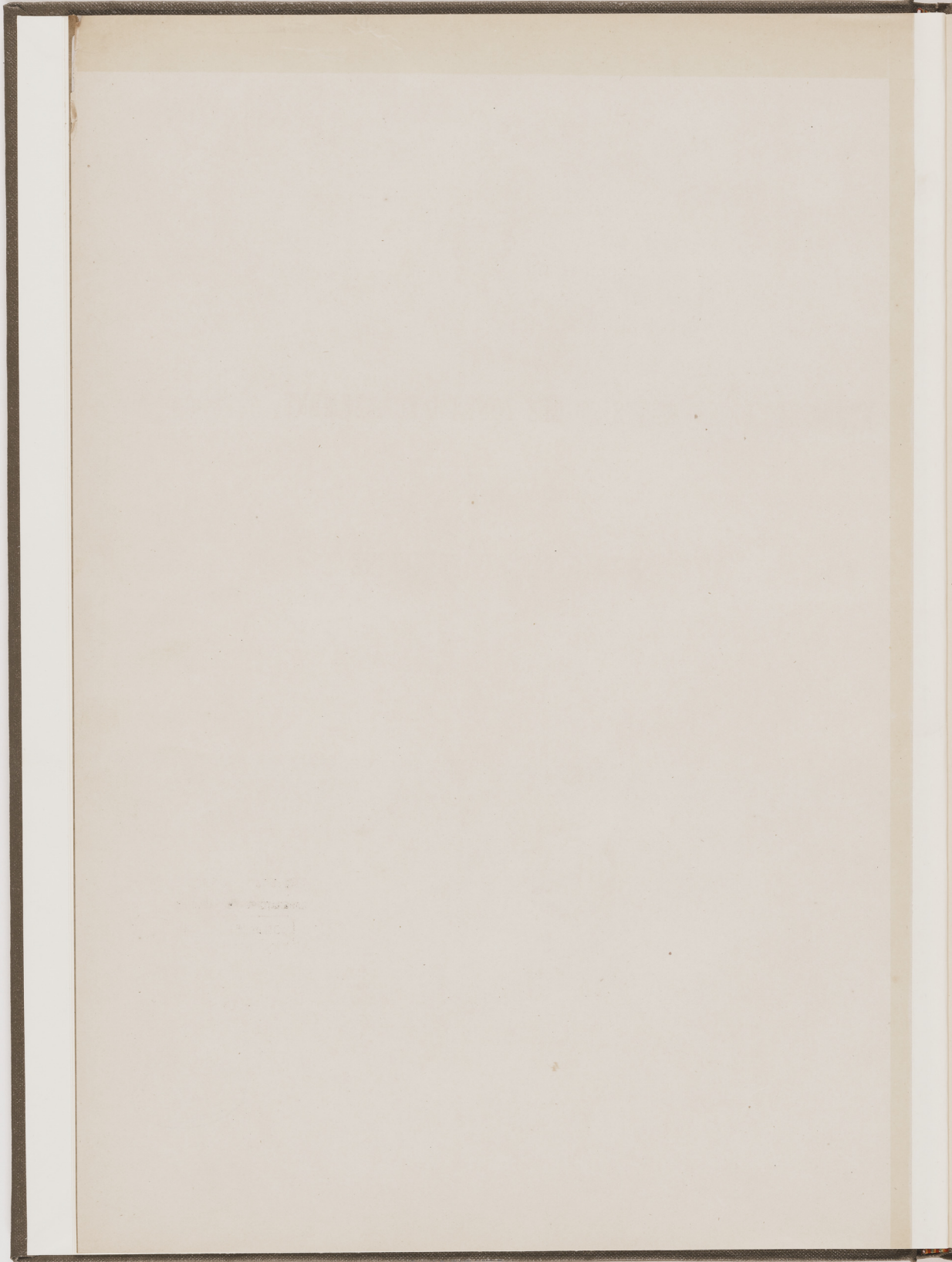
MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR
FROM THE DIRECTOR OF THE BUREAU OF RESEARCH
DATE

ERRATA

Page 9^e Légende de la figure 2 : ajouter 6 marnes dures à *Sp. crispus* et lire 14 au lieu de 15 dans les figures B et C.

- 15 8^e ligne, lire figure 5 au lieu de 6.
- — Légende de la figure 26, ajouter 10 Rhétien.
- 21 Fig. 12 ajouter ts dans la figure sous les mylonites calcaires.
- 28 Fig. 20 A et 20 B, ajouter 5 brèche mylonitique.
- 53 Fig. 48 lire 3 mylonites et 2 granulite.
- 58 et p. 59 Transposer les titres des figures.





PPN17177552X

MEMOIRES DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE

VOLUME III

FASCICULE IV

ÉTUDE DES PLISSEMENTS ET DES ZONES D'ÉCRASEMENT

DE LA

MOYENNE ET DE LA BASSE RIVIÈRE NOIRE

PAR

J. DEPRAT

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE



P. 176
UNIVERSITÉ DE PARIS
LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
ORDRE N° 1

HANOI-HAIPHONG

Imprimerie d'Extrême-Orient

1914

P395(3-4)



Étude des plissements et des zones d'écrasement
de la
Moyenne et de la Basse Rivière Noire



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY

PHILOSOPHY

ÉTUDE DES PLISSEMENTS ET DES ZONES D'ÉCRASEMENT

DE LA

MOYENNE ET DE LA BASSE RIVIÈRE NOIRE

par

J. DEPRAT

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

CHEF DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'INDOCHINE

Avant-propos

Dans un Mémoire antérieur (1), j'avais montré que la région de la Basse et de la Moyenne Rivière Noire a subi des déformations tectoniques d'une exceptionnelle intensité, avec accompagnement de charriages. J'ajoutais : « Tout nous fait prévoir qu'ils s'étendent au Sud-Est vers Cho-bo et au Nord-Ouest vers Son-la et Tu-lé et plus loin sans doute dans la région de Lai-châu ». Une campagne d'exploration faite durant le printemps de 1914 a déjà pleinement justifié mes prévisions en ce qui concerne la région de Hoa-binh et de Cho-bo où, sur une étendue énorme, les écaillés paléozoïques chevauchent par paquets colossaux les terrains mésozoïques. J'ai, de plus, observé vers le Sud-Est les mêmes phénomènes de charriages dans la région de Phu-nho-quan.

(1) Les charriages de la région de la Rivière Noire sur les feuilles de Thanh-ba et de Van-yên. Mém. Serv. Géol. Indochine, Vol. II, fasc. II. 1913.

La région étudiée est une des plus ardues du Tonkin. Outre la complication qu'offre l'ajustement des terrains entre eux, la dissection du sol par les eaux courantes est poussée à l'extrême et la multiplicité des cours d'eau, séparés par des crêtes aigües rend l'exploration très pénible. Mais, comme d'un inconvénient sort souvent une commodité, cette dissection du sol permet des recoupes extrêmement fréquentes des terrains et facilite grandement par suite la précision des observations.

La région dont j'entreprends la description tectonique comprend les feuilles de Thanh-ba, Van-yên, Son-tây, Phu-nho-quan. Avant de commencer l'étude géologique, je crois devoir donner quelques indications au point de vue géographique. Le lecteur sera aidé par l'examen de la carte au 1 : 200.000 que je joins à ce travail. J'ai fait pour cette carte la sélection des principaux détails du 1 : 100.000.

Introduction

Principaux éléments géographiques de la région.

J'indiquerai brièvement les principaux éléments géographiques de la région considérée. Je n'entre-rais pas dans des considérations concernant la morphologie et les cycles d'érosion, car je me réserve de traiter ces questions dans un travail particulier de physiographie sur le bassin de la Rivière Noire qui, par la beauté des cycles d'érosion, mérite une monographie spéciale.

La vallée de la Rivière Noire est le trait géographique dominant de la région étudiée. La carte montre l'allure de cette profonde coupure dont le thalweg s'encaisse dans des canons vertigineux. Comme on peut s'en prendre compte, le fleuve décrit dans son cours inférieur une vaste courbe très particulière : en effet, la vallée dirigée franchement S.-E. jusqu'à Su-yut, s'infléchit ensuite à l'Est, puis lentement remonte vers le N.-E. pour gagner le Fleuve Rouge dans la région de Viêtry. Cette grande courbe coïncide comme le montre la carte géologique annexée à ce travail, avec la limite des terrains paléozoïques. J'indiquerai sans m'y arrêter, que le cours actuel de la Rivière Noire dans sa partie basse est le résultat d'une capture et d'un surcreusement d'origine épéro-génique. En effet, j'ai trouvé au S.-E. de Su-yut des traces les plus nettes de l'ancienne vallée de la Rivière Noire, à une forte altitude ; cette ancienne vallée prolonge exactement les cycles anciens de la moyenne vallée, c'est-à-dire que l'observateur placé en amont de la grande boucle à une altitude suffisante dans un cycle ancien et cheminant dans ce cycle, abandonne la vallée actuelle de la Rivière Noire qu'il voit fuir vers l'Est tandis qu'il est amené à cheminer vers le S.-E. dans l'axe de l'ancienne vallée. Cette ancienne vallée se poursuivait directement vers la mer par la vallée actuelle du Sông-Cai. La petite carte d'assemblage (Fig. 1) qui délimite la région étudiée ici montre en

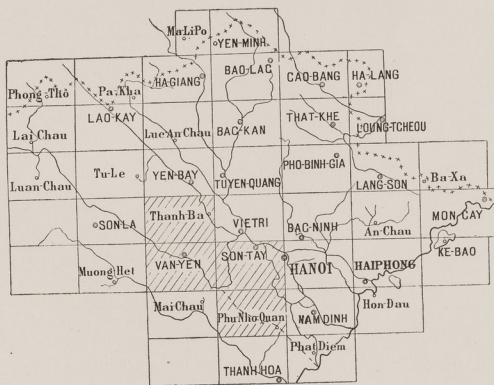


FIG. 1. — Les hachures indiquent la région étudiée.

même temps l'ancien parcours de la Rivière Noire suivant le pointillé. On se rend compte ainsi que primitivement la Rivière coulait parallèlement au Fleuve Rouge et au Sông-Ma jusqu'à la mer et la raison de son brusque coude à Cho-bo apparaît clairement comme la suite d'une capture.

Il est nécessaire de donner quelques indications sur l'allure orographique générale de la région à l'étude. Comme dans toutes les autres parties de l'Indochine, et en particulier du Tonkin et du Nord-Annam, il n'existe pas à proprement parler de chaînes montagneuses individualisées bien que des lignes de crêtes extrêmement abruptes se dessinent partout vigoureusement; je répéterai à cette occasion ce que j'ai déjà exprimé ailleurs, qu'en Indochine, ainsi du reste que dans la Chine méridionale on pourrait dire qu'il n'existe pas de montagnes et qu'il n'y a que des vallées.

Cette énonciation à l'aspect paradoxal s'affirme quand on se rend compte qu'en réalité toute la structure montagneuse, fouillée si profondément, du pays, résulte uniquement de la dissection profonde d'une vieille pénéplaine par les eaux courantes à la suite de mouvements épirogéniques d'une haute importance. A ce propos, j'ai déjà dit, dans d'autres travaux, que le tracé des cours d'eau ne coïncide pas toujours avec les directrices tectoniques.

La région à l'étude est comprise entre le cours du Sông-Ma et celui du Fleuve Rouge, c'est-à-dire limitée par des directions N.-O.—S.-E.

En jetant les yeux sur la carte géologique, le lecteur pourra se rendre compte que, grosso-modo, les terrains paléozoïques sont surtout cantonnés dans l'intérieur de la boucle de la Rivière Noire, ainsi qu'un gros noyau de terrains cristallophylliens. Les terrains sont plissés en un grand arc très courbé et limité, comme je l'ai dit tout à l'heure, par la Rivière Noire. Les chaînons orographiques sculptés par l'érosion s'individualisent assez nettement au Nord de la boucle, dans son intérieur et s'incurvent avec les zones plissées, formant une série d'arcs montagneux concentriques dont les terminaisons sont généralement mal délimitées et qui se fondent les uns dans les autres. Par exemple, les chaînons du Pou-ruong, du Pou-canh, du Khao-mouei, du Pou-quân sur la rive gauche de la Rivière et dirigés vers le S.-E. s'incurvent peu à peu vers l'Ouest dans la région de Qui-duc, Tu-ly, où les chaînons de Cho-bo, le Nui-biêu, dirigés O.-E. s'incurvent ensuite au N.-O. de Hoa-binh dans le Nui-hên, le Nui-dôi-cai, le Nui-tran. Ici, il y a à peu près coïncidence entre les plis et les directions orographiques.

Dans tout l'intérieur de la boucle, les terrains paléozoïques sont formés surtout de schistes, grès marneux, schisteux, grauwackes et les formes topographiques résultantes sont, malgré la rapidité de l'érosion donnant naissance à des vallonnements étranglés, arrondies dans les sommets. Cependant, le Gothlandien fournit dans cette série une puissante individualité géographique: ce sont les calcaires à *Favosites gothlandica* très épais qui, dans ces séries généralement verticales ou très relevées, donnent des barres escarpées aiguillées, nettement délimitées, et d'un point élevé on voit nettement ces barres s'incurver dans toute la région en soulignant les directions des plis, en sorte qu'elles jouent un rôle très important aux yeux de l'observateur dans le panorama.

J'ai décrit ailleurs la série stratigraphique dans cette région (1). Une autre individualité géographique intéressante dont j'ai déjà parlé dans une note antérieure est le plateau du Mòc-châu qui s'étend avec une direction N.-O. — S.-E. dans la partie S.-O. de la feuille de Van-yên. Le plateau du Mòc-châu élevé en moyenne de 1.200 mètres est formé de longues crêtes calcaires, toutes d'altitude égale ou presque, séparées, comme le montre la carte, par des vallées parallèles sans écoulement aérien, dont les cours d'eau se perdent dans des gouffres extrêmement nombreux. Ce plateau du Mòc-châu représente une surface du cycle de Tswéi-wéi-chann que j'ai décrit dans la Chine méridionale. La différence d'altitude entre les crêtes et les thalwegs dépasse rarement 200 m. Les fonds de vallée sont souvent occupés par le Trias supérieur pincé en longs synclinaux étroits et verticaux dans la masse principale des calcaires qui appartiennent au Trias moyen. Cette zone du Mòc-châu représente une zone de terrains en place.

Entre le Mòc-châu et la région circonscrite dans la boucle de la Rivière Noire s'allonge une bande de hauts sommets arrondis, Nui Tong-tat, Nui Mat-vork, Pou Ko-teo, d'allure très caractéristique, formés par les masses énormes de mylonites de gabbros et de péridotites de la Rivière Noire.

(1) Note sur les terrains primaires dans le Nord-Annam et dans le Bassin de la Rivière Noire et Etude préliminaire des terrains triasiques en Indochine. Mém. Serv. Géol. Indochine. Vol. II, fasc. II, 1913.

Le plateau du Mòc-châu se prolonge sur la feuille de Phu-nhò-quan en se transformant très peu. Les crêtes parallèles deviennent seulement plus impraticables, en forme de murs aiguillés très pittoresques, mais d'un abord difficile. L'ensemble s'abaisse lentement vers le Golfe du Tonkin, en crêtes parallèles gardant des altitudes égales entre elles et diminuant toutes ensemble. Dans le huyèn de Thach-thát, à l'Ouest de Phu-nhò-quan les cotes maxima ne sont plus que de 450 à 480 m.

Vers l'Est, le prolongement du Mòc-châu tombe à pic sur les larges vallées du Sòng-bôi et du Sòng-cai occupant la grande diagonale N.-O. — S.-E. de la feuille de Phu-hò-quan (Voir la carte) et formées de Trias et de Rhétien marno-gréseux qui plongent sous le Trias moyen charrié sur eux. Ces vallées sont formées par un pays de hautes collines boisées offrant de très reposants paysages, avec de claires eaux, des villages riches, des bois nombreux, contrastant avec la longue muraille sévère du prolongement du Mòc-châu qui se dresse brusquement au-dessus sur une longueur de plus de 60 km. — Entre les têtes de ces vallées et la Rivière Noire le pays devient profondément chaotique: de hautes barres rocheuses de Trias moyen formé de brèches calcaires écrasées se dressent de toutes parts, séparées par des vallonnements profonds dont les parois sont à pic ou très rapides; ces vallonnements sont des fenêtres d'érosion à travers lesquelles apparaissent le Trias supérieur ou le Rhétien-Lias recouverts par le Trias moyen calcaire (Anisien) charrié.

Le massif cristallophylien avec pointements granitiques du Nui-còt-ca (Voir la feuille de Phu-nhò-quan) forme une autre individualité géographique. C'est une masse de hauts sommets arrondis, ballonnés, qui repose par charriage sur les terrains secondaires.

Enfin, il nous reste à envisager la zone des collines bordières du Delta, s'étendant du Nui-ba-vi vers Nho-quan. Dans la région du Ba-vi et de la route de Hoa-binh à Hanoi, elle est formée de collines atteignant jusqu'à 1.000 m. d'altitude et disposées en alignements incurvés avec une convexité nord. Ces chaînons apparaissent successivement sur la rive droite de la Rivière Noire et sont formés par des arcs de terrains secondaires s'échappant à l'Ouest de dessous les terrains paléozoïques charriés de la boucle de la Rivière Noire. Le haut Ba-vi formé surtout de mylonites de gabbros forme l'avancée septentrionale de cette zone.

Dans la région du Ba-vi, les arcs se perdent dans le Delta tonkinois, tandis qu'à mesure qu'on descend vers le S.-E. le long du Delta, on les voit s'incurver de plus en plus et prendre une direction franchement N.-E. — La région de bordure du Delta du Fleuve Rouge est alors formée d'une zone de hautes barres calcaires verticales, parallèles, du plus étrange et du plus pittoresque effet, séparées par des régions basses de grès triasiques formant de longs couloirs. Telles de ces barres calcaires ont une quinzaine de kilomètres de longueur, sont hautes de 500^m et sont complètement verticales et inaccessibles et les chemins doivent les contourner complètement bien que leur épaisseur n'excède pas parfois 300^m (Arêtes du Vo-son et du My-son entre Yên-dôi et Binh-luong). La figure 23 donne une idée de l'allure de la région.

Je n'insiste pas davantage sur les caractères géographiques généraux de cette région. J'ai dit que je prépare un travail particulier sur la physiographie de ce pays remarquable à ce point de vue. J'aborderai de suite les questions purement géologiques.

A. — Aperçu général de la tectonique.

Aux points de vue stratigraphique et tectonique, j'ai déjà donné de nombreuses indications dans des notes succinctes sur la région considérée. Avant de passer à la description de l'architecture compliquée de cette zone montagneuse, je crois utile de poser devant le lecteur, dans un cours résumé, les faits saillants qui se dégagent de mes recherches; je donnerai ensuite les preuves de ces faits. Je reproduirai ici en partie la courte note que j'ai communiquée en juin 1914 à l'Académie des sciences:

I — Il faut distinguer dans les événements qui ont donné naissance à la structure très compliquée de cette région deux groupes d'accidents successifs: d'abord la formation des nappes et ensuite le repliement en plis, souvent très serrés, de ces nappes sur elles-mêmes.

Entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire s'étend un vaste noyau cristallin, prolongement du massif tonkinois central. A l'E. et à l'O., ce massif est entouré de terrains paléozoïques dans lesquels la série stratigraphique s'étend de l'Ordovicien à l'Ouralien. Ce Paléozoïque est plissé fortement en isoclinaux et en écaillés, les axes des plis moulant complètement le noyau cristallin comme le montre la figure 7. Dans la région de Van-yên, il se décompose en nappes secondaires. On suit cette bande paléozoïque à travers les feuilles de Thanh-ba, Van-yên où elle possède une orientation N.-O. — S.-E. Puis dans la région de Cho-bo, en passant sur la feuille de Son-tây, les directions des plis s'infléchissent vers l'Est et remontent ensuite au Nord-Est vers le Fleuve Rouge, dessinant ainsi une grande boucle. Sur tout le pourtour de cette boucle s'enfonce une lame énorme de mylonites de gabbros, péridotites, susceptible de se laminer entièrement par endroits comme dans la région de Cho-bo ; sous cette lame de mylonite, accompagnée parfois d'un peu de Rhétien, s'enfonce une nappe formée surtout de Trias en série renversée ; cette nappe est morcelée, écrasée entre Van-yên et Cho-bo.

Plus au S.-O., sur la feuille de Phu-nho-quan, elle s'étale largement sur la série liasique épaisse et porte par endroits des massifs de paléozoïque charriés sur elle-même.

Ainsi la région que nous considérons nous offre trois grandes nappes : 1^o à la base une vaste nappe de terrains triasiques ; 2^o une nappe de mylonites de gabbros et de péridotites ; 3^o une nappe de terrains paléozoïques chevauchant le tout. La nappe paléozoïque est un épisode postérieur au charriage du Trias sur la série liasique.

II — L'allure générale de ces terrains est fort instructive. On les voit dessiner une vaste courbe à convexité tournée vers le Sud, et dans la courbe des plis formés par la nappe triasique, s'enfonce la masse paléozoïque chevauchante. La nappe de mylonites se trouve à la limite des deux autres nappes.

Quelques fenêtres dans la masse paléozoïque laissent apparaître le Trias, dans la région de Van-yên et celle d'An-miêng.

Dans la région du massif de Ba-vi, les directrices des plissements des nappes de terrains secondaires forment une série d'arcs dont les uns se dirigent vers le N.-E., tandis que les autres s'infléchissent de plus en plus vers l'Est, puis vers le S.-E. Les premiers vont se raccorder ainsi avec les plis des terrains secondaires à l'Est du Delta.

Ces plis forment une région de racines qui se dégage dans la région du Ba-vi de dessous la grande nappe paléozoïque.

III. — La manière d'être des charriages est très curieuse. Les mylonites jouent un rôle extraordinaire dans toute cette région, sur une épaisseur et une largeur énorme. D'une façon générale, les calcaires anisiens de la nappe 1 ne sont plus qu'un amas de brèches.

IV. — Les écrasements sont nettement limités aux nappes inférieures et il est remarquable que le Paléozoïque, qui a été charrié en bloc sur le Secondaire ne soit pas écrasé ; il y a des laminages, des étirements, mais jamais de broyages et il apparaît avec la plus grande netteté que le pays paléozoïque d'entre Fleuve Rouge et Rivière Noire a joué le rôle de traîneau écraseur. Les fossiles y sont nombreux, bien conservés, tandis que, dans les terrains secondaires sous-jacents, tout est écrasé, pêle-mêle, et les fossiles toujours très déformés et souvent brisé en miettes.

V. — Le plissement des nappes mésozoïques en plis généralement verticaux est la conséquence des charriages de la région paléozoïque qui a refoulé comme un énorme coin les terrains en question, pénétrant profondément au milieu d'eux ; les nappes prirent alors sous cette compression l'allure d'isoclinaux serrés, tandis que la nappe écrasante les terrains glissaient par paquets en écaillés parallèles les uns sur les autres, souvent sans offrir de véritables plis, de sorte qu'on y retrouve des répétitions d'étages sur une grande épaisseur, comme dans la coupe de Hoa-binh à Tu-ly, où sur 15 km. de longueur les couches très relevées offrent l'impression d'une seule série.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PLISSEMENTS ET DES CHARRIAGES

Je vais passer maintenant à l'analyse des plissements. Le sujet est assez considérable pour nécessiter une division en chapitres indépendants. Je suivrai dans la description l'ordre suivant :

- I. — Etude de la zone cristallophyllienne et paléozoïque de la boucle de la Rivière Noire.
- II. — Zone des mylonites.
- III. — Zone de bordure du Delta.
- IV. — Massif cristallin et cristallophyllien du Nui-côt-ca et du Nui-dôi-thoi.
- V. — Zone des nappes de terrains secondaires du Sông-cai et du Sông-bôi.
- VI. — Zone du Mòc-châu et son prolongement sud oriental.
- VII. — Relations entre elles des différentes zones plissées précédentes.
- VIII. — Etude des charriages et rapports des nappes entre elles.
- IX. — Relations des nappes et des zones autochtones entre elles.
- X. — Relations des plissements de la Moyenne et de la Basse Rivière Noire avec les régions avoisinantes.

I. — Zone cristallophyllienne et paléozoïque de la boucle de la Rivière Noire.

Comme l'indique clairement la carte géologique, un gros noyau de terrains cristallophylliens occupe l'axe de la région située entre la vallée du Fleuve Rouge et la vallée de la Rivière Noire. J'ai décrit en partie ces terrains ainsi que les terrains paléozoïques qui les accompagnent, dans divers travaux ; la stratigraphie de la région du Phu-yên et de Van-yên a été décrite dans les Mémoires du Service géologique de l'Indochine et ailleurs (1) ; très récemment, j'ai étudié le Paléozoïque de la région de Hoa-binh dans le Bulletin du Service. J'y renverrai le lecteur.

La carte montre la direction N.-O.—S.-E. du noyau cristallophyllien qui passe d'une part sur la feuille de Yên-bay au Nord de la feuille de Thanh-ba et d'autre sur celle de Van-yên dont il forme le coin N.-E. J'ai indiqué ailleurs que ce noyau gneissique et micaschisteux, accompagné de granites, appartient à la grande masse cristallophyllienne et granitique du bassin du Fleuve Rouge. Ces terrains forment des plis dont l'allongement est N.-E.—S.-O., généralement verticaux. Le passage aux terrains paléozoïques fossillifères et non modifiés se fait par une zone métamorphique qui atteint l'Ordovicien par endroits. Les terrains paléozoïques enveloppent curieusement les terrains cristallophylliens. Ils forment dans la partie méridionale de la demi-feuille E. de Thanh-ba une bande extrêmement plissée et remplie de plans d'étretement ; étranglée dans la région de Đông-khé où elle prolonge les terrains paléozoïques du coin S.-O. de la feuille de Yên-bay, elle se dilate fortement entre le Phuc-yên et la zone cristallophyllienne. Ces plis allongés, étroits, bien nets sur la carte géologique, se prolongent avec cette même direction S.-E. sur la feuille de Van-yên, où non seulement, ils s'observent dans l'intérieur de la boucle de la Rivière Noire, mais

(1) Voir : *Sur les terrains paléozoïques de la Rivière Noire (région entre la frontière laotienne et le Fleuve Rouge)* C. R. Ac. Sc. 17 février 1913. *Sur les terrains primaires dans le Nord-Annam et dans le Bassin de la Rivière Noire.* Mém. Serv. Géol. Indochine, Vol. II, fasc. II, 1913. *Les terrains paléozoïques et le Trias dans la région de Hoa-binh et de Cho-bo.* C. R. Ac. Sc. 29 juin 1914.

débordent au dehors de cette boucle, de sorte que la Rivière les recoupe complètement. Jusqu'à Su-yut, elle reste complètement enfermée dans les terrains paléozoïques, sauf près d'An-mieng où pendant quelque temps elle creuse son canyon dans les terrains triasiques subordonnés aux terrains paléozoïques charriés sur eux et apparaissant dans une longue fenêtre. Entre Su-yut et le noyau cristallophyllien dont la bordure est formée par le massif du Nui-phôn (821), le Pou-quân (870), les terrains primaires forment encore de longues bandes disloquées S.-E. mais au Nord de Cho-bo, localité située sur un des points les plus méridionaux de la boucle de la Rivière les bandes paléozoïques s'incurvent toutes à la fois autour du Nui-hièn dans le massif du Nui-biêu. Ici la largeur de la bande de terrains primaires est d'environ quinze kilomètres. La limite entre elle et la zone des terrains mésozoïques méridionale est formée ici nettement par la vallée de la Rivière Noire qui recoupe plusieurs fois de ses boucles le plan de charriage qui sépare les deux régions géologiques.

A l'Est de Cho-bo, la limite se redresse vers le N.-E. en se dirigeant vers Hoa-binh, et, de Hoa-binh jusqu'aux pentes ouest du Ba-vi, la vallée de la Rivière Noire coïncide exactement avec la limite des terrains primaires et des terrains secondaires de la zone de bordure du Delta tonkinois. Dans cette partie, les bandes plissées passent à l'Ouest de Hoa-binh vers le N.-E. puis le N. N. E. dans la région de Tu-ly, au Nord entre le Nui-tau et Đông-viêt, puis au N.-O. dans le canton de Ban-thôn où le Nui-dông-liêm prend cette orientation; cette direction reste la même au N.-E. et sur la feuille de Thanh-bà, dans les grands chaînons du Dôi-muong, du Dôi-chiêu, du Nui-du et du Dôi-bai; elle reste identique entre le Fleuve Rouge et le grand axe cristallophyllien. D'autre part, les plis se détachent de ce faisceau et forment éventail vers le N. en venant se perdre dans le commencement du Delta au Nord de Viétry. Ainsi les terrains paléozoïques forment une immense boucle, enveloppant entièrement l'axe cristallin et tellement repliée sur elle-même que les plis de retour de la boucle au N.-E. de l'axe sont à peine distants de 25 kilomètres des plis sud-orientaux jalonnant la vallée de la Rivière Noire. Cette disposition véritablement remarquable se lit au premier coup d'œil sur la carte; la première impression donnée par cette structure est que l'ensemble des terrains entre Fleuve Rouge et Rivière Noire forme un vaste faisceau à lignes parallèles avec terrains cristallins et cristallophylliens au milieu et Paléozoïque non métamorphique flanquant cet axe au N.-E. et au S.-O. Mais elle disparaît lorsqu'on voit le long de la boucle de la Rivière Noire les axes des plis s'incurver comme je l'ai indiqué et on se rend nettement compte que la bande des plis N.-E. est le prolongement ininterrompu de la bande S.-O. et que l'ensemble forme une zone de plis moulant la région cristallophyllienne. Je pense avoir suffisamment expliqué cette disposition générale des plis des terrains paléozoïques de la boucle de la Rivière Noire sans devoir y insister davantage. Elle se lit du reste clairement sur la carte géologique au 1 : 200.000^e qui accompagne ce travail.

J'analyserai maintenant la structure intime des plis de la bande paléozoïque en question. Je prendrai comme point de départ la région située à l'Est du Phu-yên sur la feuille de Thanh-bà, entre Thu-cuc et les mylonites du Nui-ong. Ici, la largeur occupée par les terrains primaires est considérable. Les terrains représentés sont, je le rappellerai brièvement :

l'Ordovicien ainsi constitué :

2^o Schistes marneux à *Spirifer crispus*.

1^o Schistes marneux à *Orthis budleighensis*.

le Gothlandien avec :

3^o Série de Muong-thé (schistes, marnes et grès) à *Spirifer cabedanus*.

2^o Etage des calcaires de Ban-hom (couches à *Favosites gothlandica*) et des grès à *Acidaspis quadrimucronata* de Lang-chiêt.

1^o Etage des marnes et des grès de Ban-hom.

le Dévonien inférieur :

Série des marnes schisteuses à *Actinopteria texturata*.

le Dévonien moyen :

Schistes marneux épais à *Plethomytilus oviformis* (Horizon de Muong-thé).

le Dévonien supérieur :

Grosse série de grès, schistes marneux et calschistes de Mô-ha.

le Dinantien :

Série des grès, marnes et calschistes de Ban-cai à *Spirifer grandicostatus* et *Productus spinulosus*.

Entre Lang-con et Nga-hai, l'Ordovicien vertical près de Lang-con se renverse peu à peu avec un pendage N.-N.-E. tendant de plus en plus à plonger sous les micaschistes et les gneiss du Nui-ngai. Cette allure reste la même au-delà vers le S.-S.-E. et dans le Nui-cha, dans le district de Kiêt-son, elle se masque dans le massif cristallophyllien par le métamorphisme des terrains. Sur la bordure sud-ouest, un plan d'éirement fait parfois disparaître l'Ordovicien en même temps que les couches à *Spirifer crispus* qui lui sont subordonnées et à l'est de Nga-hai, les grès et les marnes à *Chonetes longispina* et *Actinopteria texturata* du Dévonien inférieur s'enfoncent sous l'Ordovicien. Il y a donc suppression du Gothlandien tout entier bien que sa puissance ne soit pas inférieure à 900 mètres dans les conditions normales. Entre Lang-khey-so et Nga-hai, des plis extrêmement nombreux et de faible amplitude affectent le Dévonien inférieur qui forme une bande parallèle à la précédente; mais si les plis sont faibles, d'autre part, les couches sont brisées à un point inimaginable, tellement qu'on ne peut observer dans le détail de la couche aucune direction et que seule la direction générale de l'ensemble donne l'indication de l'orientation. Près de Lang-khey-so s'enfoncent les schistes à *Spirifer cabedanus* sous le Dévonien inférieur et la grosse série des schistes et des calcschistes à *Modiomorpha brevis* de l'horizon de Muong-thé, complètement écrasés et laminés, appartenant à la partie supérieure du Gothlandien, plonge au-dessous en série normale complétée à l'O. par la bande calcaire à *Favosites gothlandica* qui forme dans le paysage une individualité géographique vigoureuse. Donc de Nga-hai à Lang-khey-so, comme le fait voir la coupe (fig. 2) une série régulière de Gothlandien et de Dévonien inférieur, s'enfonce sous l'Ordovicien entre Lang-con et Nga-hai.

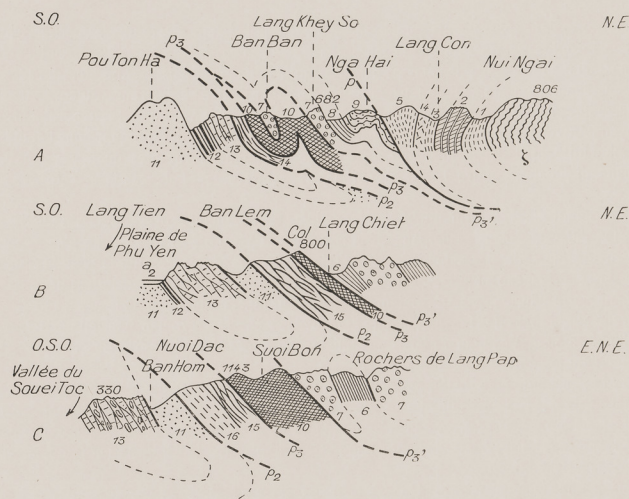


FIG. 2.—A—Du Nui-ngoi au Pou-tou-ha; B—De Lang-chiét au Phu-yén; C—De Lang-pap au Souei-toc.
 § Gneiss et micaschistes. — ORDOVICIEN : 1 Schistes noirs ardoisiers. — 2 Calcaires cristallins. — 3 Schistes ardoisiers. — 4 Quartzites. — 5 Schistes à *Orthis budleighensis* et marnes dures à *Spirifer crispus*. — GOTHLANDIEN : 6 Calcaires à *Fav. gothlandica*. — 7 Calcschistes de Ban-hom. — DÉVONIEN : 8 Dévonien inférieur. — DINANTIEN : 9 Calcschistes à *Productus spinulosus*. — 10 Mylonites gabbroïques. — TRIAS inférieur : 11 Grès et arkoses. — Trias moyen : 12 Schistes jaunes de la base. — 13 Mylonites calcaires — 16 RHÉTIEN — a3 alluvions récentes. — Echelle 1 : 250.000.

En prolongeant vers l'ouest la coupe suivante, le long par exemple de la route de Lang Khey-so à Ban-ban, on voit que la série précédente est limitée par un plan de chevauchement qui amène les calcaires à *Favosites gothlandica* sur une épaisse série très complexe et très étirée de grès, arkoses et de schistes à *Spirifer grandiscostatus* dinantiens. Cette série dinantienne se replie sur elle-même fortement en un pli secondaire qui pince dans un étroit synclinal couché vers le N.-O. un lambeau de calcaire gothlandien. Ce synclinal étroit est le prolongement septentrional d'une zone de plis que nous verrons se développer plus au sud. Au delà en prolongeant la coupe vers l'ouest, nous passerions comme nous l'indiquerons en étudiant les rapports des nappes entre elles, sur une bande de terrain triasique s'enfonçant largement sous les terrains primaires dont je viens d'esquisser l'allure. Comme le montrent les coupes fig. 2, les pendages, sauf accidents locaux, se font tous vers le N.-E. et un observateur superficiel qui traverserait rapidement la région aurait l'impression d'une série stratigraphique continue à pendage uniforme et très épaisse. En réalité, tous ces terrains sont fortement brisés et contournés et offrent l'allure très caractéristique des régions à grands chevauchements.

En résumé, la coupe précédente offre, depuis l'axe cristallophylien jusqu'au plan de charriage qui sépare la série paléozoïque de la série secondaire, trois bandes successives : une bande ordovicienne en série renversée chevauche une série normale gothlandienne dévonienne sous laquelle plonge largement le Dinantien. On ne peut guère, dans ces conditions compliquées, rechercher là dedans les anticlinaux et les synclinaux primitifs. Il y a là seulement de grandes écaïlles à superpositions anormales, reployées sur elles-mêmes par des mouvements tectoniques postérieurs aux mouvements qui ont provoqué les premiers charriages dans la masse paléozoïque. Les repliements ont ici donné naissance à des plis serrés déversés vers le S.-O. (fig. 2 A).

D'innombrables petits plissements incohérents affectent, je l'ai déjà dit, toutes les parties schisteuses des terrains paléozoïques, et par endroits la masse est littéralement brisée en morceaux ; l'incohérence atteint son maximum au voisinage des masses calcaires gothlandiennes épaisses, qui, lors du repliement des nappes, aussi bien qu'au moment de leur formation, ont, par l'extrême différence du coefficient de dureté et de plasticité, provoqué des dislocations extraordinaires. Ce fait est, du reste, général dans toute la basse et moyenne Rivière Noire ; c'est ce qui fait qu'au point de vue stratigraphique, pour l'établissement des zones paléontologiques, j'ai dû beaucoup chercher les points favorables où il y a sans conteste continuité sans dislocations entre les séries primaires schisteuses et les assises calcaires qu'elles renferment.

La figure 2 montre la transformation des divers éléments tectoniques précédents vers le S.-E. Dans cette figure, les différents plans principaux de charriage ont été notés P₂ P₃ P₃. Le plan P₂ montre le chevauchement de la nappe de mylonites sur le Trias inférieur. P₃ représente le plan de charriage du Paléozoïque sur la série mésozoïque. P₃ est un plan de charriage séparant le Dinantien, envisagé précédemment, de la série silurienne et dévonienne poussée sur lui. J'ai appelé p en le séparant des autres, le plan d'étirement qui, près de Nga-hai, lamine l'Ordovicien sur le Dévonien inférieur à *Act. texturata* PHILL. J'attribue, en effet, à ce plan de charriage une importance faible vis-à-vis de celle des autres. Il n'est qu'un accident local qui disparaît plus au sud-est.

Le grand fait qui se dégage de l'exposé précédent est donc le charriage de termes paléozoïques les uns sur les autres depuis l'axe cristallin jusqu'à la limite des terrains primaires et, en faisant l'abstraction nécessaire des accidents secondaires, nous dirons qu'une nappe silurienne et dévonienne chevauche une nappe dinantienne ; les plissements de cette nappe font apparaître le Gothlandien fréquemment pincé en synclinal dans le Dinantien (fig. 2 A).

Les plans de chevauchement précédents se poursuivent vers le S.-S.-E. sur des parcours très longs. Prenons une coupe au S. de la précédente, entre Thach-kiét et Ban-liêm, par exemple. Nous y verrons encore la série silurienne et dévonienne profondément disloquée, remplie de multiples plans de charriage secondaires, la transformant en nombreuses écaïlles brisées. Le Dinantien y apparaît en anticlinaux perçant à travers la nappe silurienne et dévonienne (fig. 3). Le petit lambeau gothlandien, pincé en synclinal dans le Dinantien, que nous avons montré dans la coupe précédente sur le chemin de Lang-khey-so à Ban-ban, s'étale largement vers le sud dans la direction de Lang-chiét et se plissant fortement et dans toute la région du Nui-dac, du Nia-to, entre Lang-chiét et Ban-caï, le Dinantien se montre à travers des fenê-

tres. Il faut remarquer que dans la région de Lang-chiét, Ban-pap, Ban-cai, le Dévonien disparaît presque partout et le Gothlandien repose directement sur le Dinantien ; ils sont plus ou moins laminés l'un et l'autre, car il arrive souvent que les schistes gothlandiens inférieurs à *Poleumita asiatica* de l'horizon de Ban-hom disparaissent totalement et alors les calcaires gothlandiens viennent directement en contact avec des termes différents du Dinantien. Les figures 3 B et 3 C montrent ces dispositions variables dues à la puissance des étirements.

De ces différentes coupes, il résulte que dans la région située entre l'axe cristallin et la région du Phu-yên le Dinantien forme une lame écrasée, sur vingt kilomètres de largeur au minimum, par la série silurienne et dévonienne ; en somme le Dinantien représente un synclinal complètement replié sur lui-même et étiré dans les conditions indiquées par la figure schématique 3. Les coupes en couleur placées à la fin rendent aussi compte de ces faits (fig. 1, 2, 3, pl. III). Les coupes en couleur placées à la fin rendent aussi compte de ces faits (fig. 1, 2, 3, pl. III). Les plans de charriage P_2 , P_3 , P_3' sont très constants. Le plan de charriage P_3 apparaît fréquemment sur la carte géologique sous forme de courbes fermées délimitant les affleurements dinantiens qui apparaissent par des fenêtres à travers la nappe siluro-dévonienne. En réalité, la nappe siluro-dévonienne est le flanc normal d'une immense charnière anticlinale et s'il y a superposition de nappes délimitées, c'est qu'un décollement énorme a amené le glissement de cette partie du flanc sur l'axe dinantien replié sur lui-même (fig. 3).

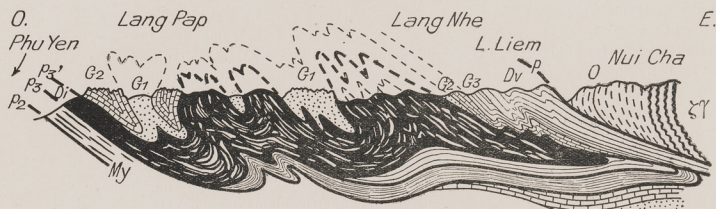


Fig. 3. — Coupe générale des crêtes entre le Phu-yên et l'axe cristallophyllien, montrant la structure de la grande nappe paléozoïque. — Echelle 1 : 225.000.

ξ 7 Gneiss. — O. Ordovicien — G. 1-2-3 Gothlandien — Dv. Dévonien — Di. Dinantien — My. Mylonites éruptives.

Les conditions précédentes se poursuivent constamment au S.-E. Entre Van-yên et le prolongement de l'axe cristallophyllien d'entre Fleuve Rouge et Rivière Noire le Dinantien continue à former, comme le montre la carte, de longues et plus ou moins larges aires anticlinales apparaissant à travers des fenêtres allongées ouvertes par l'érosion à travers la couverture des terrains siluriens et dévoniens ; mais ici le Dévonien se réduit considérablement et disparaît même complètement, ainsi que le montre la carte géologique dans le nord de la feuille de Van-yên ; la bordure des terrains cristallophylliens s'oriente en même temps N.-S. de Xuân-dai jusque dans la région de Xom-chiêng, de sorte que la bande paléozoïque se resserre entre la Rivière Noire et l'axe cristallophyllien. En général, si l'Ordovicien et le Gothlandien inférieur ont disparu entre les calcaires gothlandiens et le Dinantien qu'ils surmontent souvent directement en discordance tectonique, il semblerait que ce soit dû à leur inconsistance de terrains argileux, marneux et, qu'ayant servi de plan de glissement à la grosse masse des calcaires moyens épaisse de 200^m environ, ils aient été supprimés par étirement.

Toute la région entre Van-yên et les terrains cristallophylliens de Xuân-dai offre l'allure de plis parallèles, très resserrés, hachés de plans d'étirement avec pendage général vers le N.-N.-E., c'est-à-dire vers le grand axe cristallophyllien. Les crêtes en saillies (Pou-lap 1.350 m), Pou-gia-long (1.549 m), Pou-doi-muong formant de hautes murailles étroites, résultant de minces synclinaux de calcaires à *Favosites gothlandica* déchaussés par l'érosion et mis en saillie par le déblaiement des schistes marneux de la série Ban-hom (Gothlandien inférieur) ou du Dinantien à *Paracyclas numismalis* et *Spirifer grandicostatus*. Je ne crois pas utile de me livrer à une description détaillée des innombrables accidents tectoniques dont la signification en elle-même est faible. Je préfère engager le lecteur à se reporter à la partie droite de la coupe 3 de la planche des coupes en couleur (Pl. III). La coupe passe par Kiét-son, Mang-nho et Thuong-phong.

Ainsi ce prolongement de la bande des terrains paléozoïques offre toujours la même allure que sur la feuille de Thanh-ba, et le Dinantien continue à former une longue nappe chevauchée par les terrains siluriens et dévoniens.

Poursuivant notre analyse des plis de la zone paléozoïque vers le S.-E., c'est-à-dire le long de la vallée de la Rivière Noire en aval de Van-yên, entre les cantons de Moc-ha et les terrains cristallophylliens de la région du Pou-chiêm, nous verrons les conditions se compliquer beaucoup, car la bande paléozoïque ne forme plus une zone homogène uniquement formée de terrains primaires; allongés parallèlement aux accidents tectoniques paléozoïques plissés, apparaissent alors dans de très longues fenêtres des terrains mésozoïques; ainsi la longue fenêtre qui, du San-dao à Ban-giêm par An-miêng, fait apparaître le Trias inférieur et moyen à travers la série siluro-dévonienne; inversement en avant de la zone paléozoïque, de longues bandes primaires telles que celle de Moc-ha, s'allongent isolées, minces au milieu des terrains mésozoïques qui les portent en synclinal (Carte géologique). La Rivière Noire a creusé son formidable canyon dans cette série, coulant parallèlement à la direction des plis.

Entre la masse cristallophyllienne du Pou-tiêm et du Souéi-phôn qui font partie du grand axe cristallophyllien d'entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire et la fenêtre triasique d'An-miêng, on n'observe que de l'Ordovicien formant au Pou-tam-lou une bande écrasée et disloquée qui plonge sous les formations métamorphiques de Tam-luong et de Souéi-mên, et du Gothlandien formée d'une série d'écaillés et de plis isoclinaux empilés; dans ceux-ci alternent les calcaires à *Favosites gothlandica* et la masse des schistes et marnes du Gothlandien inférieur et supérieur (Pou-canh 1.375^{m.}, Pou-ruong 1.170^{m.}). On ne doit pas s'étonner de voir des plis entiers formés uniquement de Gothlandien si l'on retient que, dans la Moyenne et la Basse Rivière Noire, cet étage atteint normalement de 900 à 1.000^{m.} d'épaisseur. Dans cette région, le Dinantien disparaît, il n'affleure plus nulle part. La dislocation des terrains devient de plus en plus grande; on a l'impression, malgré le parallélisme assez net des bandes, d'une incohérence complète dans les contacts; des poussées énormes ont fait pénétrer violemment des coins de calcaire gothlandien dans les schistes, amenant des juxtapositions inattendues; en certains points d'énormes masses de calcaires à polypiers et de schistes sont inextricablement enchevêtrées; on a l'impression (et c'est, en réalité, ce qui se passe), de se rapprocher de plus en plus du point maximum de poussée; l'étude des relations des nappes entre elles nous le montrera.

Sur la rive droite de la Rivière Noire, au S.-O. de la bande triasique signalée plus haut comme s'étendant du Nui-dao jusque dans la région d'An-miêng, et qui est bien visible sur la carte, délimité par un plan de charriage, s'étend un long synclinal N.-O. — S.-E. montrant sur un de ses flancs le Gothlandien presque entier. J'ai déjà montré dans un travail antérieur la succession des horizons stratigraphiques dans ce synclinal entre Ban-hom et Muong-thé. Sur le flanc sud-oriental des laminages amènent la disparition de grandes parties d'un même étage. Vers l'extrémité N.-O. du synclinal le Gothlandien calcaire à *Favosites gothlandica* passe complètement sous le Gothlandien supérieur et le Dévonien et reparaît contre le Rhétien, puis disparaît contre le Dévonien moyen à l'O. de Souéi-hao. A partir de là vers le S.-O., les différents horizons gothlandiens viennent successivement disparaître contre un pli faille qui les met en contact avec le Dévonien moyen à *Plethomytilus oviformis*. L'axe du synclinal est ensuite occupé dans la région de Muong-thé par le Dévonien inférieur. Au delà vers Tu-ngui la succession des horizons gothlandiens reparaît le long du pli-faille. La carte montre comment une longue lame de Dévonien moyen, reste d'une partie disloquée du synclinal sépare la série précédente du Trias moyen. La coupe figure 34 qui est une reproduction de la coupe déjà donnée par moi ailleurs, montre l'allure du synclinal paléozoïque à travers la vallée du Sinh-vinh et ses rapports avec les terrains triasiques sur lesquels il est charrié.

Au S.-O. du synclinal de Muong-thé s'allonge une bande très curieuse de calcaire ouralien. Cette bande, remarquablement riche en fossiles (1) forme une lame presque verticale déchirée par l'érosion

(1) Voir idem. p. 17. Les espèces ouraliennes sont au nombre de 120 environ. Les formes les plus caractéristiques du gisement sont: *Schw. princeps* ERBR., *Productus juresanensis* T., *P. Gruenwaldti* KR., *P. elegans* M. C., *P. timanicus* STR., *Spirifer tibetanus* DIEN., *Sp. Iyra* KUT., *Sp. Nikitini* T., *Sp. Sokolovi* T., etc. (Voir J. DEPRAT Note sur les terrains primaires, etc., op. cit. p. 17 et MANSUV: Les calcaires à *Productus* de l'Indochine. Mém. Serv. Géol. Indochine, Volume II, fasc. IV.

et courant en crête saillante sur une quinzaine de kilomètres, notamment au Cham-chit; on la recoupe sur le sentier de Mo-ha à Muong-thé. Cette lame est complètement pincée, sans interposition d'aucun autre terrain, dans le Ladinien. En ce point tout ce qu'il y avait de paléozoïque antérieur à l'Ouralien a donc été supprimé (fig. 34).

Enfin, chevauchant le Trias dans la région de Mo-ha, s'étend sur la carte une vaste zone occupée par le Dévonien supérieur remplissant toute la vallée, formé d'un complexe énorme de grès, calcschistes, calcaires marneux, plissé en une aire synclinale décomposée elle-même en plis extrêmement aigus et fortement relevés et rapprochés. Les couches sont toujours tourmentées et brisées à l'extrême. Ce synclinal dévonien repose sur un substratum triasique. La superposition du Dévonien au Trias est bien visible à l'extrémité du plateau de Môc-châu, au Pou-sou-vagne et dans la cuvette de Bo-man. Au Pou-xum, en bordure des affleurements dévoniens, on voit ceux-ci appliqués directement contre les brèches de calcaire anisien. Ils s'allongent ensuite toujours plissés entre le Nui-phu-hao, et Pou-pha-pheung et le Pou-co-tan pour s'amincir et disparaître complètement vers Bo-boc entre les calcaires triasiques. J'y reviendrai en étudiant les relations de nappes.

La coupe figure 34 montre ces diverses bandes disloquées de Paléozoïque. La carte montre leur parallélisme et leur allongement N.-O. — S.-E. Les descriptions précédentes ont fait voir leur allure et leur situation anormale dans la région de Muong-the et Mo-ha sur le Trias. Voyons ce qu'elles deviennent vers le S.-E.

D'abord, la bande de Dévonien plissé du Mo-ha disparaît, comme je l'ai dit plus haut, près de Bo-boc. A partir de là au S. et au S.-O., on ne rencontre plus de terrains primaires.

En bordure du grand axe cristallin central les terrains paléozoïques prennent une direction d'alignement peu à peu E.-S.-E. entre Su-yut (voir carte géologique) et les terrains cristallophylliens, puis peu à peu cette direction se relève avec le cours de la Rivière Noire et passe avec elle de l'O. à l'E. et au N. de Cho-bo la direction est franchement O.-E. avec tendance au relèvement vers l'E.-N.-E. comme cela on voit par exemple nettement au Nui-biêu. Tout le front sud de la bande paléozoïque est limité par un plan de charriage amenant largement les terrains paléozoïques sur les terrains secondaires. La carte géologique montre surabondamment la discordance tectonique entre les terrains primaires et le Mésozoïque.

A l'est d'une ligne tirée de Cho-bo à Lang-seo par le massif du Nui-biêu, c'est-à-dire suivant une direction N.-S., les directrices des plissements se relèvent franchement vers l'E.-S.-E., puis tout l'ensemble s'incurve rapidement vers le N.-E., puis vers le N.-N.-E. entre Tu-ly et Hoa-binh, moulant manifestement l'extrémité du grand axe cristallophyllien d'entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire. Le front de la bande des terrains paléozoïques continue à offrir des rapports tectoniques anormaux et compliqués avec les terrains secondaires qui plongent sous le Paléozoïque.

La carte montre les importants plis-failles qui s'allongent parallèlement aux différentes bandes paléozoïques en les biseautant.

L'ensemble des couches plonge sous les terrains cristallophylliens avec beaucoup de régularité, de telle façon que dans la région de Su-yut le pendage des couches se fait vers le N.-E., au N. de Cho-bo et dans le Nui-biêu il se fait vers le N. et entre Hoa-binh et Tu-ly, le pendage se fait tellement régulièrement vers le N.-O. qu'il n'y a pas un seul pendage en sens inverse sur 18 kilomètres de largeur. La coupe figure 6 est tout à fait significative à cet égard.

Je vais, pour éclairer nettement ces divers points, décrire rapidement trois coupes prises transversalement à la direction des plissements; l'une de Su-yut à Giêu-ca, la deuxième de Cho-bo à Suoi-mét par Moné et le Nui-biêu et la troisième des environs de Hoa-binh au Nui-doi-lai par Tu-ly.

Coupe entre Su-yut et Giêu-ca: De Giêu-ca à la bordure des terrains cristallophylliens, on traverse deux kilomètres de gneiss et de micaschistes passant peu à peu à la partie supérieure de l'Ordovicien à *Strophomena imbrex* PAND. *semiglobosa* DAV. plongeant vers le N.-N.-E. Au-dessus on passe sur la série des marnes roses (Etage de Ban-hom) à *Poleumita asiatica* MANSUY et *Dysodonta Deprati* MANSUY plongeant sous l'Ordovicien. La série renversée continue dans les calcaires de Soué-san et de Lang-bua qui font partie d'une bande de calcaires du Gothlandien (partie moyenne) toujours très riche en polypiers (*Favosites gothlandica* LMK., *Amplexus distans* LINDST., *Monticulipora Bowerbanki* M. E. et H. etc.), en formant synclinal; sous les calcaires renversés reparaît la série des marnes de Ban-hom, pliée en isooclinaux

serrés toujours renversés avec des noyaux anticlinaux offrant de longues et étroites apparitions de schistes bleuâtres à *Rafinesquina lineatissima* SALT., *R. cf. umbrella* SALT., c'est-à-dire la faune de la montée de Mo-né que nous verrons dans la coupe suivante et qui forme le passage de l'Ordovicien au Gothlandien dans la région de la Rivière. Sous cette série reparaît une bande large de 1 kilomètre sur la carte, de Gothlandien à polypiers calcaire, puis nouveau retour de Gothlandien inférieur pinçant un étroit anticlinal d'Ordovicien près de Ban-ca sur la Rivière Noire; ensuite nouvelle bande de calcaire à *Favosites gothlandica* au-delà de laquelle, en synclinal, apparaissent les couches de la série supérieure du Gothlandien (Couches à *Modiomorpha brevis* et série des schistes jaunes de Muong-thé à *Spirifer bijugosus* M. COV).

Au-delà près de Ho-hai le Gothlandien bute contre les mylonites des roches magnésiennes de Su-yut.

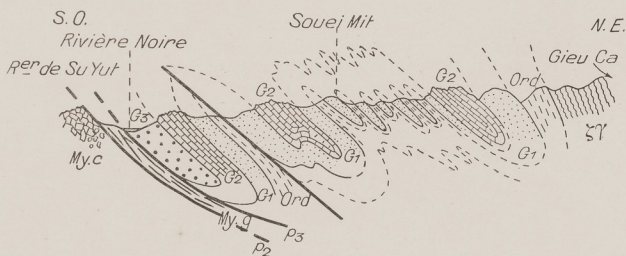


FIG. 4. — Coupe entre Gieu-ca et Su-yut.
 7 Terrains cristallophylliens. — Ord Ordovicien — G₁ Gothlandien inférieur. — G₂ Gothlandien moyen calcaire. — G₃ Gothlandien supérieur. — My. g. Mylonites de roches basiques. My. c. Mylonites calcaires. — Echelle : 1 : 130.000.

La coupe fig. 4 représente, avec le moins de détails possible pour mieux faire saisir l'allure de l'ensemble, la disposition ci-dessus décrite.

Coupe entre Cho-bo et Suoi-met : Dans la région de Cho-bo les couches paléozoïques se montrent extrêmement laminées. Le plan de charriage qui sépare les terrains paléozoïques des terrains secondaires de la rive droite de la Rivière Noire passe par la localité même de Cho-bo. En partant de Cho-bo, on observe : d'abord une épaisse série de schistes marneux bleuâtres, devenant roses et jaunes par décomposition ; on les recoupe sur le chemin de Cho-bo à Mo-né, au sortir même de Cho-bo. Ils contiennent en abondance *Rafinesquina imbrex* PANDER, *R. cf. deltoidea* CONRAD, *Orthis testudinaria* DALM., *Gammymia prisca* MANSUY, *Atrypa* sp. Au-dessus vient la série des marnes roses de Ban-hom à *Poleu-*

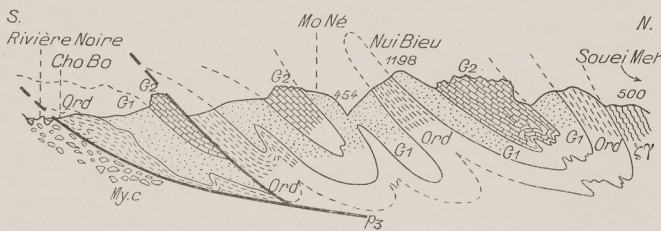


FIG. 5. — Coupe entre Suoi-met et Cho-bo.
 Même légende que dans la figure 4. — Echelle : 1 : 130.000.

mita asiatica et les calcschistes à *Modiomorpha brevis* (Voir fig. 5). Puis une barre calcaire montre les couches moyennes du Gothlandien à *Favosites gothlandica*. Cette série normale est brusquement inter-

rompue à 3 kilomètres de Cho-bo par un pli-faïlle qui amène une écaïlle sur la série précédente. Dans cette écaïlle recommence la série des terrains, l'Ordovicien reposant sur les calcaires à polypiers ; on retrouve ainsi en s'élevant jusqu'à Mo-né : Ordovicien, termes successifs du Gothlandien. De Mo-né en s'élevant au Nui-biêu (1198) sur les marnes glissantes par des pentes très raides on retrouve au-delà des calcaires à Mo-né même les schistes et marnes roses de Ban-hom, puis un noyau anticlinal ordovicien sous le sommet du Nui-biêu, et jusqu'à Suoi-met la série se répète semblable ; c'est une alternance de plis couchés vers le sud, le pendage étant très régulièrement vers le N. En somme, cette coupe ressemble beaucoup à la précédente. Je l'ai résumée dans la figure 6.

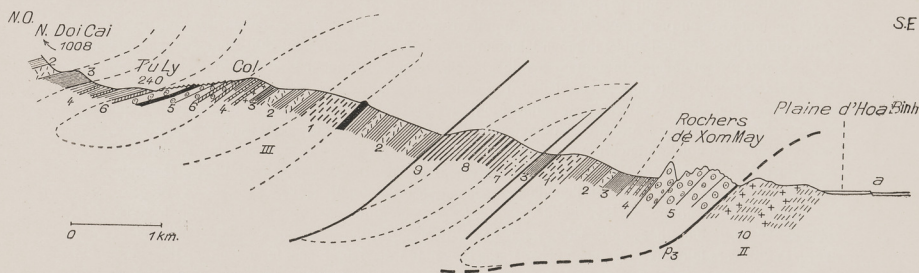


FIG. 6. — De la plaine d'Hoa-binh à Tu-ly.

1 Schistes à *Sp. crispus* et *Sp. bijugosus*. — 2 Schistes bleus durs à *St. imbrex*. — 3 Marnes roses (Étage de Ban-hom) à *Poleumita asiatica*. — 4 Calcschistes à *Modiomorpha brevis*. — 5 Calcaires à *Favosites gothlandica* et grès 6 à *Orbiculoida tonkinensis*, *Lingula Sysmondii*, intercalés. — 7 Schistes et grès à *Sp. cabedanus*. — 8 Marnes roses à *Plethomytilus oviformis*. — 9 Marnes gréseuses à *Sp. nudus*.

Coupes des environs de Hoa-binh à Tu-ly : La coupe suivante dont le détail est donné dans la figure 6 est tout à fait analogue. Tous les plongements se font sans exception vers l'O.-N.-O. c'est-à-dire dans la direction de la grande masse cristallophyllienne sous laquelle en dernière analyse s'enfouissent les derniers plis. La montée de 15 km. par le Souéi-tra, en s'élevant dans le lit même du torrent fournit une excellente coupe où les fossiles abondent. La description de cette coupe montrera la superposition des écaïlles.

En partant de la plaine de Hoa-binh on traverse d'abord un peu de Rhétien qui plonge sous les calcaires gothlandiens de Xom-mây découpés en masses ruiniformes et riches en polypiers de la faune à *F. gothlandica* LMK. Sur ces calcaires (Voir carte géologique) reposant en série renversée les couches du Gothlandien inférieur, calcschistes et marnes roses (Étage de Ban-hom) à *Poleumita asiatica* ; la série renversée se continue par les schistes bleus et verts durs à *Strophomena imbrex*, *Rafinesquina umbrella*, *Chonetes striatella*, *Orthis alternata* puis par un horizon renfermant toute une faune appartenant au Llandovery, c'est-à-dire au passage de l'Ordovicien au Gothlandien (Couches à *Spirifer bijugosus*, *Sp. crispus*). Puis un pli-faïlle ramène comme le montre la coupe les marnes roses de Ban-hom ; un nouveau plan d'étièrement limite celles-ci presque aussitôt et sur elles reposent les schistes et grès jaunes fins remplis de *Spirifer cabedanus*, suivis en série normale de bancs gréseux à *Sphenotus* cf. *solenoides* HALL., *Actinopt. texturata* PHILL., *Chon. longispina* MANSUY, *Orbiculoida Forbesi* DAV. Ceci forme le Dévonien inférieur. Le Dévonien moyen (1) qui le surmonte offre d'abord les couches de marnes roses à *Plethomytilus oviformis* HALL., *Mytilarca muongthensis* MANSUY, *Goniophora spatulata* MANSUY, *Schizodus chemungensis* HALL., *Schizodus* sp., *Leptodomus* cf. *constrictus* MC COY., puis les marnes gréseuses grises à *Spirifer nudus* SOW, *Liopteris* cf. *Rafinesquei* HALL., *Sphenotus* sp. Au-dessus viennent les couches déjà étudiées à Muong-thé à *Lingula* cf. *Lewisii*. Cette série dévonienne est interrompue subitement par nouveau plan d'étièrement qui ramène sur elle une série gothlandienne renversée offrant : les schistes bleus à *St. imbrex*, *Raf. deltoidea*, *R. cf. lineatissima*, *Chonetes hoabinhensis*, *Atrypa reticularis* passant à l'Ordovicien qui repose au-dessus

(1) Je rappelle que le Dévonien moyen de la Rivière Noire offre des affinités américaines comme en témoignent mes récents paléontologiques. Ceci a déjà été signalé dans des travaux antérieurs.

avec des couches à *Orthis budleighensis*, *Streptorhynchus sarmentosus* et *Strophomena expansa*; puis les couches de passage au Gothlandien reviennent de nouveau avec des plaques schistomarneuses littéralement couvertes de *Spirifer bijugosus*, *Sp. crispus*, *Sp. cf. plicatellus* (espèce de Wenlock). Il y a donc un anticlinal couché; en montant au col de Tu-ly on voit cette série se prolonger par toute la série normale du Gothlandien comme le montre la coupe; je n'insisterai pas, la figure étant suffisamment explicite. Depuis le col jusqu'à Tu-ly on chemine sur les calcaires à *Favosites gothlandica* repliés en synclinal. Puis au-delà de Tu-ly en montant vers le Nui-doi-lai (1.008 m.) on retrouve de nouveau toute la série gothlandienne et ordovicienne renversée plongeant sous les micaschistes.

Ainsi depuis Hoa-binh, on recoupe une série de plis couchés étroitement resserrés, très déversés, généralement avec un pendage de 45°, interrompus fréquemment par des plis-faîlles qui font glisser des écaïlles l'une par-dessus l'autre. Indépendamment de ces plissements, les couches sont souvent affectées de très petits plissements, de petits plans de glissement qui disloquent considérablement les couches dans leurs strates les plus minces et abiment trop souvent les fossiles très nombreux. Les grands plis-faîlles ont été tracés sur la carte; on voit sur celle-ci le fragment d'anticlinal dévoniaien s'étirant complètement au S.-O. près de la Rivière Noire à L. Thuong, entre l'Ordovicien d'une part et les calcaires gothlandiens du Nui-lang-nua. Au nord de la coupe de Hoa-binh à Tu-ly il se lamine également vers le Nui-duoi.

Ainsi de ces trois coupes ressort bien nettement ce que nous avançons au début, le plongement général d'une série d'isoclinaux et d'écaïlles vers la masse cristalphyllienne.

Au nord de la coupe de Hoa-binh à Tu-ly, les axes tectoniques passent à la direction S.-N., puis dans le canton de Ban-thôn, entre Đông-viêt sur la Rivière Noire et le chaînon du Nui-tau ils s'infléchissent très vite vers le N.-N.-O. puis au N.-O. dans le canton de Huong-cân. Ici la bande paléozoïque non métamorphique se réduit entre la Rivière Noire et la zone cristalphyllienne à une épaisseur de 6 à 7 km. seulement. On n'y observe plus de Dévonien, seulement le Gothlandien et l'Ordovicien toujours plissés en isoclinaux serrés plongeant maintenant vers le S.-O. Ici la boucle formée par les terrains paléozoïques autour de la zone cristalphyllienne entre la Rivière Noire et le Fleuve Rouge est presque complètement achevée. Seulement, une complication nouvelle intervient. Tandis qu'une partie des axes des plis remonte franchement vers le N.-O. suivant la direction de la vallée du Fleuve Rouge, à la hauteur du Ba-vi, d'autres lignes directrices s'orientent au N. et d'autres au N.-E., formant ainsi un éventail d'axes dont les uns passent au N. du Delta et se dirigent vers le bassin de la Rivière Claire. La figure 7 montre la

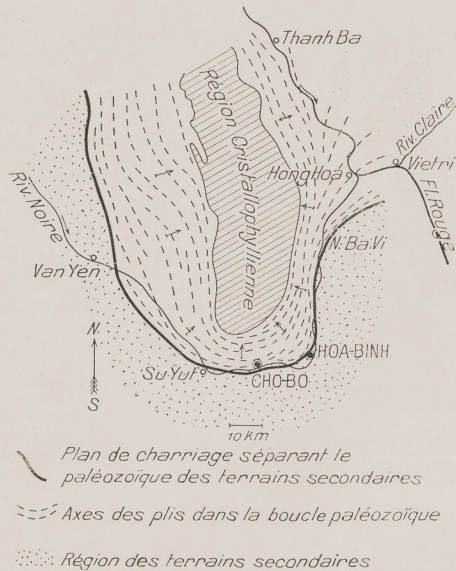


FIG. 7. — Allure des directrices tectoniques autour du noyau cristalphyllien d'entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire

disposition schématique des axes des plis dans cette grande boucle de terrains paléozoïques dont nous venons de décrire l'agencement.

Je répéterai en terminant que les plis que nous venons d'étudier ne doivent pas être envisagés comme des plis autochtones, mais les accidents d'une masse déplacée et refoulée sur elle-même.

II. — Zone des mylonites.

La zone paléozoïque que je viens de décrire en détail est en relations avec les terrains mésozoïques qui l'entourent par de vastes plans de charriages. Au contact, des nappes de mylonites prodigieusement développées, jouent, sur une épaisseur et une largeur énorme, un rôle exceptionnel et je doute qu'en aucun pays du monde un pareil développement de brèches puisse être observé. De puissantes assises de mylonites de gabbros et de péridotites s'observent au contact des nappes et, dans ce que j'ai appelé nappe I, et que je décrirai plus loin, les calcaires triasiques ne sont plus qu'un amas de brèches. A cet égard, toute la région est du Phuc-yên, la région d'An-miêng, de Su-yut à Hoa-binh par Cho-bo, et la plus grande partie de la feuille de Phu Nho-quan ainsi que le coin S.-O. de la feuille de Son-tây mériteront de devenir des lieux d'étude classiques pour l'étude des mylonites.

A. — Mylonites de roches basiques :

A la limite du charriage du Paléozoïque sur les terrains mésozoïques et enveloppant leur vaste courbe à convexité tournée vers le sud, se trouve une zone de mylonites de roches vertes atteignant par endroits un développement énorme et ailleurs se laminant presque complètement. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte au 1 : 200.000 géologique pour se rendre facilement compte du bien-fondé de cette assertion. La carte schématique figure 8 montre la répartition des mylonites de roches vertes. Une première bande

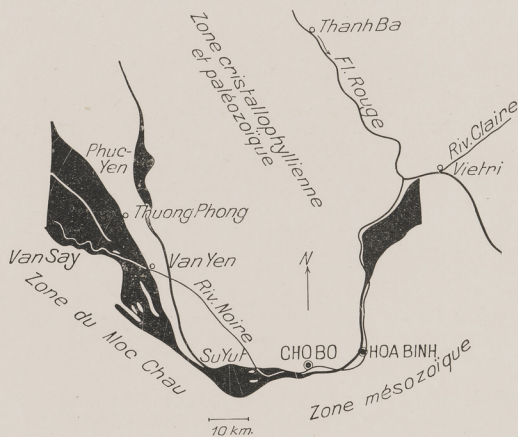


FIG. 8. — Distribution des mylonites de roches basiques dans la Moyenne et la Basse Rivière Noire.

de roches vertes apparaît sur la feuille de Thanh-bà dans le massif du Nui-ong ; elle se montre d'abord comme une mince bande entre le Dinantien et le Trias moyen, puis elle s'élargit beaucoup au sud et entre Ban-liêm à l'Est de la plaine du Phuc-yên et Lang-chiêt on recoupe, en montant, une série très épaisse de roche en grandes plaques, donnant l'impression d'un terrain sédimentaire (fig. 9). Les couches vert

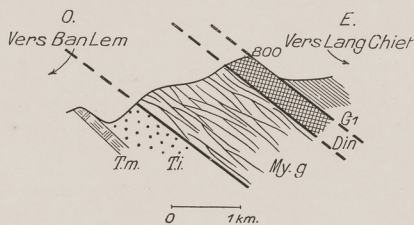


Fig. 9. — Lame de mylonites (nappe II) entre le Trias inférieur chevauchant le Trias moyen (nappe I) et le Dinantien de la nappe III.

sombre s'étagent très régulièrement. Pour qui a été habitué à voir des mylonites dans les Alpes, en Ligurie ou en Corse, il n'y a pas, même à l'œil, un instant d'hésitation. Le microscope confirme aussitôt cette détermination faite sur le terrain. Le degré d'écrasement des roches est plus ou moins grand et on trouve tous les types de passages entre la roche simplement froissée et la bouillie minérale, réduite en plaques bien litées se fendant en schistes très minces. Ce sont ces faux schistes qui ont été confondus longtemps en Indochine avec des roches sédimentaires métamorphiques. Le type de la roche primitive, au point de vue pétrographique, va de la *péridotite* à *bronzite* et *olivine* (*harzburgite*) et de la *therzolite* au *gabbro* à *olivine*. J'ai donné dans la planche II des photographies microscopiques montrant les roches froissées ou complètement laminées.

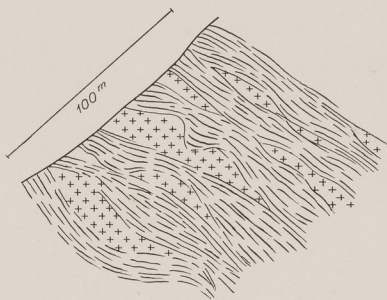


Fig. 10. — Structure des écaïlles de mylonites de roches basiques.

La manière d'être de ces lames écrasées est typique. La figure 10 montre comment des noyaux amygdaloïdes sont moins écrasés par places ; autour d'eux le degré d'écrasement atteint son maximum, de sorte qu'on passe soit par transitions insensibles, soit sans aucune transition, de la roche un peu froissée dont les éléments minéraux offrent des ombres roulantes et des éclatements périphériques au microscope, à la fine purée minérale où aucun élément n'a échappé au broyage. Les types pétrographiques très écrasés dominent en général sur ceux où la conservation s'est à peu près maintenue.

La bande de mylonites de gabbros et de péridotites du Nui-ong accompagne du Rhétien. Elle se prolonge vers le sud, comme la carte l'indique, jusqu'au delà de Suôi-bôn; là elle se termine en biseau le long du Dinantien de la zone paléozoïque.

Une autre masse de mylonites très importante par sa longueur, sa largeur et sa puissance traverse en écharpe la feuille de Van-yên sur une longueur de 75 kilomètres. Sa largeur atteint 16 kilomètres entre Van-say et Thuong-phong. Elle se lit nettement sur la carte géologique. L'importance de ces roches fait qu'elles jouent un rôle très marqué dans l'orographie de la région. Elles donnent de hauts sommets, de forme arrondie, entamés par d'énormes bassins de réception; dans les parties basses des vallées, elles donnent des abrupts croulants; la transformation en serpentines très fréquente amène la formation de surfaces vernissées sans végétation; les grands rapides de la Rivière Noire sont souvent occasionnés par des parties plus dures de la roche qui forment barrière au fond des canyons.

Cette bande de mylonites, très large comme je viens de le dire, entre Van-say et Thuong-phong, s'amincit vers le S.-E. et vient disparaître en biseau comme l'indique la carte, à l'O. du Pou-ten près de Souéi-muong; là elle s'étire complètement; elle reparait au S.-E. à 8 km. de là, le long du Nui-phu-hao et forme une large bande atteignant une largeur de 7 km. dans laquelle chemine la piste cavalière de Môc-ha à Su-yut. Elle est sculptée en longues bosses arrondies au sommet, séparées par des ravins très profonds aux pentes extrêmement dures. Elle vient ensuite se biseauter entre Mô-em et Cho-bo entre la masse des brèches de calcaire anisien de Mô-em et le Gothlandien de Bo-bouéi.

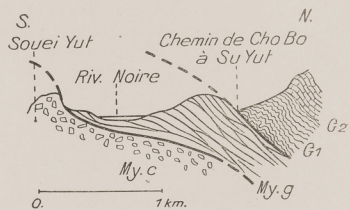


FIG. 11. — Lame de mylonite éruptive (gabbros écrasés) au N. de Souéi-yut.

Le degré de laminage et d'écrasement auquel ces roches ont été soumises dans cette zone est excessif.

Les couches feuilletées donnent absolument l'illusion d'une énorme série sédimentaire repliée sur elle-même. Les types pétrographiques principaux sont des schistes formés de morceaux aplatis de roche, à teinte cireuse ou serpentineuse, noyés dans une fine brèche d'éléments pulvérisés; ces roches se fendent facilement en feuilletés et les gros fragments laminés sont tellement aplatis qu'ils n'ont plus qu'une faible épaisseur et n'empêchent pas le clivage de la roche; très souvent, il n'y a plus de noyaux aplatis et sur des épaisseurs énormes on n'observe que des schistes verts, parfois tachés de violet ou violacés avec de petites taches vertes, finement écailleux, qui au microscope offrent une pureté minérale formée des éléments concassés de la roche éruptive. Les roches laminées de la Rivière Noire ont été prises pendant longtemps par les prospecteurs et tous ceux qui se sont occupés de la région, pour des roches sédimentaires jusqu'à ce que j'aie fait connaître leur véritable nature. Il en est résulté des erreurs nécessaires au point de vue minier: tout le monde persistant à considérer l'énorme série des roches vertes de la Rivière Noire comme des terrains sédimentaires et comme ces roches sont imprégnées de cuivre, les mineurs cherchaient obstinément des filons de roche éruptive; or, il était impossible d'en trouver puisque la roche éruptive c'est la masse elle-même, mais laminée et broyée. Il en résulte que le cuivre forme une imprégnation générale, mais qu'il n'y a pas de filons proprement dits et qu'il ne peut y en avoir. Ceci est un cas entre d'autres bien nombreux du reste, qui montre la nécessité de connaissances pétrographiques, malheureusement insuffisantes en général chez les personnes s'occupant de questions minières.

En résumé, les « schistes verts » de la Rivière Noire sont des lames mylonitiques admirablement caractérisées, ployées et reployées en plis aigus. Leur épaisseur totale dépasse souvent plusieurs centaines de mètres. Ce qui augmente leur extension en largeur et en hauteur, c'est la puissance des refoulements qui les ont plissées en plis voisins de la verticale, de façon qu'au Nui-tong-tat par exemple on observe ces roches sur une hauteur de 1.100 mètres.

Les mêmes pseudoschistes verts forment au sud de Van-yên toute la masse du Nui-nho, du Nui-beo, du Pou-ké-teo ; ils se poursuivent avec les mêmes caractères dans le canton de Huong-cân où les gisements cuivreux sont aussi nombreux. Des bandes de Trias apparaissent par endroits, nous y reviendrons du reste, pincées et écrasées dans cette masse.

J'ai dit qu'après une courte disparition de 7 km. les mylonites reparaissent entre Mòc-ha et Su-yut ; elles sont là absolument semblables à la série de Van-say et je n'ai rien à ajouter. La coupe figure 11 montre leur allure au N.-E. de Souéi-yut.

On retrouve ensuite les mylonites de roches vertes de l'autre côté de la boucle de la Rivière Noire où elles constituent presque entièrement l'énorme masse du massif du Ba-vi. Sur près de 600^m. d'épaisseur sont empilées les lames de roches laminées, avec un plongement régulier vers l'O. N. O. La carte géologique montre leur aire d'extension.

PRINCIPAUX TYPES PÉTROGRAPHIQUES REPRÉSENTÉS : Les principaux types pétrographiques sont : des péridotites, norites et gabbros à olivine avec filons andésitiques. Il est rare que l'on trouve des points assez respectés par l'écrasement pour que l'on obtienne la roche à peu près intacte ; j'ai pu, cependant, recueillir un certain nombre de types pas trop froissés.

LHERZOLITE : Le type Lherzolite est fréquent dans le Nui-ong et le Nui-dao à l'E. du Phuc-yên. Les figures 1, 2 et 3, planche II, montrent ce type, très normal, composé d'une association grânitoïde de diopside, enstatite, olivine avec de la magnétite. L'olivine offre généralement l'altération maillée caractéristique.

HARZBURGITE ET DUNITE : J'ai observé de nombreux exemplaires de *harzburgite* et moins fréquents de *dunite* (fig. 4 de la pl. II). Toutes ces roches offrent des exemples de froissements, avec développement d'ombres roulantes et formation de fausses macles fréquentes dans les pyroxènes, surtout l'enstatite.

GABBROS À OLIVINE : Ce type est fréquent ; les exemplaires simplement froissés sont rares. Ils sont en général très écrasés même au minimum de leur déformation. Les figures 5, 6, 7 et 8 de la planche II montrent des échantillons recueillis entre Mòc-ha et Su-yut. Ce sont des gabbros andésitiques. Dans les moins abîmés les feldspaths sont éclatés en fragments séparés par des coulées de fine purée minérale.

NORITES À OLIVINE : Ces roches se rattachent intimement aux types précédents ; le pyroxène rhombique est une enstatite, rarement une hypersthène très peu pléochroïque.

Il est évident que dans les conditions où on recueille ces échantillons, dans des points parfois très éloignés l'un de l'autre, on ne peut faire d'étude pétrographique suivie et étudier les variations de ces différents types ; ils apparaissent sporadiquement dans l'énorme masse de pseudo-schistes verts, et l'écrasement des péridotites, des norites ou des gabbros aboutit en fin de compte, dans les cas d'écrasement complet, à des produits absolument identiques.

PSEUDO-SCHISTES VERTS : Les pseudo-schistes verts sont le terme extrême et typique de l'écrasement. Au microscope on n'y distingue plus que de très petits fragments des éléments constitutants, souvent serpentinisés, souvent même l'écrasement a été tel, la pulvérisation des éléments si complète qu'on ne peut plus rien identifier, le grain de la roche restant d'une finesse extrême au microscope même. Les figures 9, 10, 11, 12 de la planche II en montrent des exemples. L'épidote envahit fréquemment la roche, souvent en innombrables petits cristaux qui épigénisent les fragments.

B. — Mylonites de terrains sédimentaires

Le long des bandes de mylonites de roches vertes, à l'extérieur de la grande courbe des plans limitant leur nappe et celle des mylonites s'étendent de larges zones de terrains disposés en lames souvent com-

plètement broyées. Dans le cas où les terrains affectés par ces broyages sont des marnes ou schistes marneux, il y a eu souvent pétrissage complet de ces terrains ou bien ils sont plissotés avec des plis et des contournements extraordinaires. Quand ce sont les épais calcaires anisiens qui viennent au contact, ils forment au contraire des brèches d'une puissance extraordinaire et d'une variété inouïe. Ces brèches occupent un développement géographique énorme. Sur la feuille de Thanh-ba, on les rencontre dans le Phuc-yên et dans le canton de Thuong-phong, jusque dans la vallée du Souéi-toc. Elles offrent une grande importance tout le long du Múc-châu où elles forment le contact entre les nappes de terrains paléozoïques et de mylonites de roches vertes.

Leur plus beau développement s'observe dans la région de Su-yut et de Cho-bo où elles atteignent une puissance de plusieurs centaines de mètres au Nioum-moul et entre Souéi-yut et Cho-bo. Là, la Rivière Noire a creusé un magnifique canyon, aux parois verticales formées de brèches du haut en bas. A Cho-bo, toute la masse des calcaires qui forme le beau barrage naturel et le grand rapide de la Rivière est formé de brèches polies par les eaux. Ces brèches s'observent sans interruption le long du contact des terrains primaires et des nappes mésozoïques, et dans des conditions d'observation parfaites. De nombreuses coupes relevées dans cette région et que je donne plus loin (fig. 35 à 42) montrent la position invariable de ces mylonites calcaires sous la masse écrasante des nappes paléozoïques poussées sur elles. La relation de cause à effet frappe partout l'observateur.

Sur toute la feuille de Phu-nho-quan, les mylonites calcaires offrent le même développement. Partout où les calcaires du Trias moyen plongent sous le grand massif de terrains cristallins et de gneiss et micaschistes du Doi-thoi et du Nui-côt-ca, ils passent à des brèches d'écrasement typiques. Sur toute la bordure du Delta, dans les plis de la nappe de terrains triasiques charriée sur les dépôts liasiques ces formations se multiplient dans les conditions où je l'ai indiqué dans les coupes figures 47, 48, etc.

De toutes les observations que l'on peut faire sur le terrain, il résulte de façon indéniable que les brèches, les mylonites calcaires de la Rivière Noire ont été produites par les charriages de nappes écrasantes sur les terrains mésozoïques et j'ai déjà appelé l'attention sur ce fait, que dans les terrains paléozoïques poussés sur les terrains mésozoïques, il n'y a jamais de mylonites ; celles-ci sont toujours localisées dans les terrains sous-jacents.

L'aspect des brèches mylonitiques calcaires est très variable : tantôt ce sont de gros fragments anguleux entourés de fragments plus petits, tantôt la roche est formée uniquement de très petits fragments juxtaposés, l'ensemble étant traversé par d'innombrables cassures se rejoignant sous des angles très faibles ; tous les passages s'observent d'un type à l'autre ; ailleurs, les calcaires sont laminés prodigieusement et prennent l'allure de feuillets tourmentés qui ont complètement l'allure de schistes et l'on est fort étonné en les brisant de voir que ce sont uniquement des calcaires compacts où la schistosité est apparue par compression ; les surfaces de séparation des feuillets sont onduleuses, dures et luisantes.

Je donne dans la planche I des photographies réduites de moitié des brèches calcaires de Cho-bo, le plus bel exemple de brèches tectoniques d'écrasement qu'il soit possible de voir par leur netteté, leur variété, leur puissance de plus de 500 m. et la facilité d'observation, Cho-bo étant un point très commode à visiter. Dans le massif du Nioum-moul, l'épaisseur des lames de mylonites est beaucoup plus considérable et leur empilement offre une puissance de 1.000 m. au minimum, mais ce massif très escarpé est très difficile à parcourir, et le lieu classique pour l'étude des brèches calcaires de la Rivière Noire devra être Cho-bo.

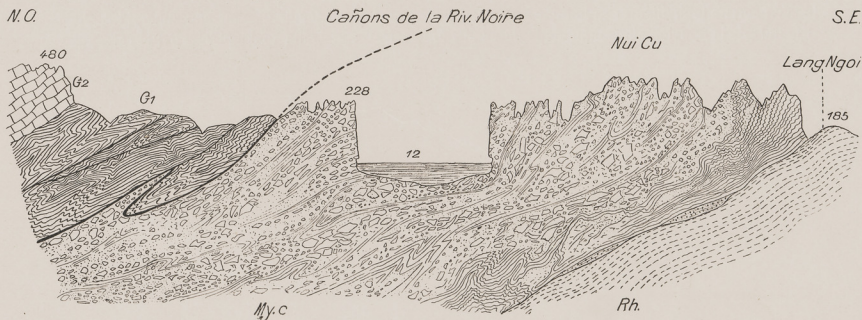


Fig. 12. — Allure des grandes écaïlles de brèche mylonitique calcaire entre Lang-ngoi et les canyons de la Rivière Noire.

G₁ Gothlandien inférieur schisteux (série de Ban-hom). — G₂ Gothlandien calcaire (Etage à *Favosites gothlandica*). — My. c. Calcaires anisiens écrasés et transformés en brèches. — T_s Ladinien schisteux et Trias supérieur. — Rh Rhétien formé de grès et de calcschistes.

La figure 12 montre l'allure des grandes écailles de brèches entre Souéi-yut et Cho-bo, la façon dont les lames de calcaire feuilleté par compression sont contournées, interrompues, s'étirent en lames de broyage entre d'énormes couches de brèches.

Les photographies de la planche I montrent la structure des brèches de Cho-bo : j'en ai rapporté de gros blocs que j'ai fait polir. La figure 1 montre dans sa partie supérieure du calcaire comprimé de telle façon que des bandes minces s'y sont développées ; on pourrait croire que ces lignes alternativement plus claires ou plus sombres résultent de l'empilement de strates variant de composition ; il n'en est rien et elles sont seulement le résultat de l'énorme compression à laquelle la roche a été soumise. Ces bandes sont déformées ; le reste de la figure est formé par une magnifique brèche fragmentaire ; beaucoup de morceaux de la brèche offrent aussi ces bandes de compression ; polie, cette roche forme un marbre très beau. La fig. 2 montre une autre manière d'être de la brèche ; de gros noyaux sont noyés dans une brèche plus fine ; dans la partie supérieure de la figure la brèche diminue de volume et finit par n'être plus formée que d'éléments très fins. La figure 3 montre un exemple analogue. Les variétés de brèche sont disposées de façon absolument irrégulière. A Cho-bo, dans les parois à pic des canyons de la Rivière Noire, à Souéi-yut, où d'énormes surfaces dénudées, polies par les eaux, offrent de magnifiques points d'étude, on trouve côte à côte des brèches offrant des éléments variant de un mètre cube à un décimètre cube, à proximité de brèches à beaucoup plus petits éléments ; les fragments bréchoïdes s'interpénètrent souvent profondément.

C. — Mylonites de quartzites.

A côté de ces types de mylonites, j'ai observé au contact des grands plans de charriage dans la région du Ba-vi, des brèches affectant les quartzites ordoviciens. Le rocher « Notre-Dame » au pied du Ba-vi (coupe fig. 44) en est un bel exemple. La figure 4 de la planche I en montre un échantillon. Ce sont de gros morceaux de quartzites froissés et souvent réunis par une masse de petits fragments provenant de l'éclatement des morceaux à leur périphérie.

III. — Zone des plis de bordure du delta.

J'arrive maintenant à une zone de plis de grande complication. C'est la zone plissée comprise entre le massif cristallophyllien et granitique du Nui-doi-thoi au N. de la feuille de Phu-nho-quan, la branche orientale de la boucle paléozoïque de la Basse Rivière Noire et le Delta tonkinois. La petite carte sché-

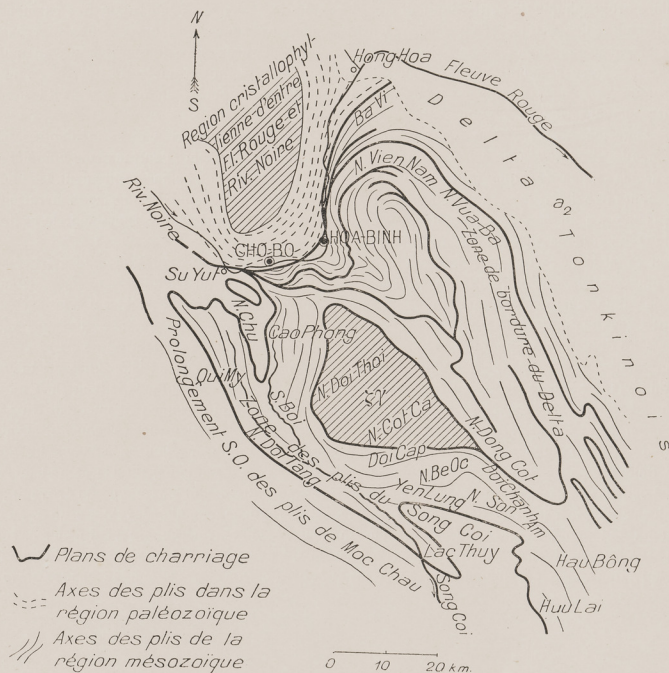


FIG. 13. — Allure des plis de bordure du Delta et de la zone du Sông-cai.

matique fig. 13 montre la disposition de ces plissements compliqués. On y voit, ainsi que sur la carte géologique au 1 : 200.000^e annexée à ce travail, que les plissements sont distribués dans la partie Nord (Ba-vi et région de la route de Hoa-binh à Hanoi) suivant un groupement divergent en forme d'éventail. Les plus septentrionaux des plissements (Ba-vi, canton de Yên-lê) s'échappent obliquement de la ligne de charriage qui sépare la zone paléozoïque de la région mésozoïque ; ces plis dont la direction est S.-N. au départ du plan de charriage le long de la Rivière Noire, s'incurvent légèrement vers le N. — N.-E. et disparaissent dans les alluvions du Delta ; mais à mesure que l'on descend vers le sud on les voit exagérer de plus en plus cette incurvation : ainsi les plis du Nui-viên-nam (1.029^m. culminant) formés de Trias moyen et supérieur et de Rhétien, dirigés du S. au N. près de Hoa-binh, s'incurvent vers le N. — N.-E. dans le canton de Mong-hoa, puis au Nui-viên-nam passent à une direction O.-E. et au Nui-vua-ba accentuent leur incurvation en passant au S.-E. décrivant ainsi une demi-circonférence complète ; puis au-delà, arrivés en bordure du Delta, ils filent vers le S. — S.-E. parallèlement à celui-ci sur une longueur de plus de 70 km. en passant à l'est de Phu-ly.

Je dois dire que les plis en question ne sont pas des plis enracinés, mais les plissements de vastes zones charriées ; cependant, leur individualité géographique est telle qu'avant d'étudier les charriages, c'est-à-dire la structure intime de l'écorce, il faut se rendre compte de l'allure des directions. Il y a, du reste, comme je l'ai indiqué dans le petit aperçu géographique placé au début, une coïncidence marquée

cette structure. On voit dans ce carton comment les axes des plis affectant les terrains environnants viennent irrégulièrement aboutir contre les masses calcaires. Cette bande de calcaires anisiens presque toujours transformée entièrement en brèches d'écrasement apparaît, comme le montrent les cartes près de Lang-tu, où elle se dégage des terrains paléozoïques (Silurien-Ordovicien) sous lesquels elle était enfouie. Elle s'élargit au N. du Nui-bom en faisant une inflexion prononcée, puis entre Cho-noï et Xom-tha elle se resserre étroitement pour s'élargir ensuite beaucoup entre Dam-rung, Xom-sang et Xom-lai où elle forme une masse triangulaire, limitée partout par des escarpements verticaux énormes; dans cette masse les directions E.-O. rebrousse violemment vers le N. et le massif de brèches et de calcaires laminés est haché de cassures incohérentes. Au N., la masse calcaire s'étrangle brusquement et comme le montrent la carte et la fig. 14, elle se réduit à une mince lame irrégulière, souvent verticale, dont l'allure est indiquée par la fig. 42 qui la montre dans l'arête pittoresque du Nui-san.

L'épaisseur de cette grosse masse calcaire ininterrompue, non divisée dans sa hauteur par des formations plastiques a été manifestement la cause de la difficulté qu'elle a éprouvée pour se plisser; et dans les mouvements puissants qui l'ont affectée, elle s'est irrégulièrement écaillée et laminée et des masses énormes ont été enfoncées violemment en coin soit dans le Rhétien qui la chevauche, soit dans le Trias supérieur partout très mou sur lequel elle a été poussée. La coupe fig. 12 montre les relations de cette masse avec le Rhétien et avec le Trias supérieur.

Vers le N., cette bande calcaire se lamine de plus en plus en décrivant un arc de cercle à convexité nord qui se lamine entièrement au S.-E. de Lang-roi. Une autre bande relaie celle-ci au N. Elle commence à l'est de Lang-roi par une série de klippes, témoins en chapelet étranglés dans un plan de charriage, puis elle décrit un grand arc de cercle à convexité nord enveloppé de Trias supérieur, lui-même enveloppé de Rhétien (bande du Nui-viên-nam et du Nui-vua-ba); elle redescend ensuite vers le sud dans le canton de Ké-son en formant sur la carte une bande très irrégulière parce qu'elle se comporte exactement comme celle que nous avons vue dans la région de Hoa-binh, tantôt dilatée, et entrant en coins aigus dans les terrains plastiques environnants, tantôt laminée et parfois réduite à des klippes jalonnant un plan de charriage.

Ainsi, l'ensemble des plis qui se dégagent de dessous les terrains paléozoïques entre Hoa-binh et Cho-bo décrit une série d'arcs concentriques à convexité N., formés de terrains triasiques et infraliasiques en plis et en écaillés couchés vers l'intérieur des arcs et très tourmentés. Les bandes de calcaires anisiens très épais, généralement réduits en mylonites calcaires y forment des individualités géographiques très vigoureuses, dessinant remarquablement les arcs de plissement aux yeux de l'observateur placé sur un belvédère intérieur. La fréquence des étirements rendrait très difficile l'étude de ces accidents tectoniques, si les gisements fossilifères n'étaient heureusement nombreux; le Trias, notamment, offre de nombreux points où l'on peut faire de belles récoltes permettant d'affirmer en toute sûreté l'âge des horizons; seulement les fossiles sont souvent très déformés.

Au S. du canton de Nat-son, les branches orientales des arcs se rabattent rapidement vers le S.-E. et même localement vers le S. —S.-E. et désormais, elles garderont cette direction jusqu'au S. de la feuille de Phu-nho-quan, entre le Delta et le massif cristallophyllien et granitique du Nui-doi-thoi et du Nui-côt-ca.

Toute cette région offre une intensité très grande dans le développement des phénomènes de charriage et les séries inverses sont la règle. Sur une largeur de 25 kilomètres depuis la bordure du massif granitique et cristallophyllien jusqu'au Delta, une succession de plis serrés, qui se lisent à première vue sur la carte, offre des synclinaux de Trias pincés dans le Rhétien en plis aigus et vers l'O. tout l'ensemble vient s'enfoncer sous le massif. Je reprendrai ces faits en étudiant les charriages et leur mécanisme; pour le moment je signalerai les plis sans m'occuper de rechercher si la série est normale ou anormale, puisque j'indique surtout les directrices des plissements. Ces plis forment une série de longs brachysynclinaux calcaires verticaux, à brusque relèvement aux extrémités; l'érosion a déchaussé ces synclinaux composés de calcaires anisiens généralement bréchoïdes poussés tantôt sur le Trias marneux et gréseux du Ladinien (1)

(1) Les gisements offrent une belle faune qui sera étudiée davantage, mais dans laquelle j'ai déjà recueilli: *Procladites* cf. *Brancoi* MOIS., *Rimkinites tonkinensis* MANSUY, *Sagenites* sp., *Trachyceras Villanova* MOIS., *Anolcites* sp., *Ceraticites* sp., *Phragmot euthis* cf. *bisinauta* BRONN., *Astarte* cf. *triasina* ROEM., *Daonella indica* BITTNER, *Mysidoptera* sp., *Rhynch.* (*Norella*) *tonkiniana* MANSUY, *Spiriferina* (*Mentzelia*) cf. *Lautenoisi* MANSUY, *Koninckina* sp.

et du Carnien, tantôt sur le Rhétien avec suppression complète du Trias supérieur et partiellement du Rhétien lui-même. Cette structure donne à la région de bordure du Delta une allure tout à fait typique, de hautes murailles parallèles, généralement verticales et inaccessibles, élevées de plusieurs centaines de mètres, parfois très rapprochées, sont séparées par des mouvements de terrain très doux, arrondis, valonnés, couverts d'une végétation rappelant le maquis corse et forme de Trias supérieur ou de Lias dans lesquels les formations calcaires manquent à peu près complètement. La photographie fig. 15 prise sur le



FIG. 15.— Vue prise du chemin de Lang-vo à Cho-dap. Au fond masses calcaires verticales du Vo-son à droite et du Ton-voi à gauche et couloir de grès rhétiens de Dong-khuong entre elles. Au premier plan collines de grès infraliasiques.

chemin de Lang-vo à Cho-dap (feuille de Phu-nho-quan) est à cet égard très typique. Le fond de la figure est occupé par les hautes masses calcaires verticales du signal de Vo-son à droite et du signal de Ton-voi à gauche. Entre les deux masses, on voit le couloir de Dong-khuong. L'observateur est situé dans la zone des collines de grès marneux infraliasiques qui s'enfoncent au fond entre les masses calcaires.

Les calcaires forment parfois, au lieu d'étroits synclinaux en longues dents déchaussées, des masses géographiquement plus étalées, formées de nombreux plis irréguliers et brisés, recouvrant complètement le substratum rhétien.

Un lambeau de terrains cristallophylliens et paléozoïques apparaît entre le Sông-boi et le canton de Cao-duong. Il repose en discordance tectonique sur les terrains mésozoïques. Long d'une trentaine de kilomètres, il offre à l'E. une bande de micaschistes flanquée à l'O. de Dévonien et d'une bande de micropegmatite. La carte montre que son orientation est celle des plis des terrains mésozoïques. Il est limité sur son pourtour par des terrains différents, soit par les calcaires ansiens et leurs brèches, soit par le Trias supérieur, qui entrent en contact avec les micaschistes, le Dévonien où les micropegmatites et toujours plongent sous eux. Ces terrains ansiens sont très plissés comme le montre la planche III.

Le système de longs couloirs et de murailles, c'est-à-dire de synclinaux calcaires déchaussés et d'Infralias prend son développement le plus caractéristique entre Dong-mai et la région de Chi-nè.

La fig. 16 montre l'allure topographique de la région sur la bordure du Delta à l'O. de Nga-ba-tha



FIG. 16. — Terminaison en biseau sur le Delta des chaînons de bordure à l'O. de Nga-ba-tha. — Tg. Trias inférieur gréseux et marneux. — Tc. Calcaires ansiens.

et la façon dont la topographie résulte de la structure des chaînons. Ces derniers aboutissent en général obliquement au Delta de telle façon que l'on voit les bandes calcaires de Trias moyen aboutir en longues presqu'îles escarpées au milieu des alluvions du Delta, puis se prolonger quelquefois assez loin dans ces derniers par des chaînons de véritables îlots; la platitude absolue du Delta au voisinage des chaînes de bordure accentue encore cette impression d'une mer dans laquelle des caps s'essaient en îlots. Je montrerai que cette impression se rattache beaucoup à la réalité, car la bordure des chaînes avoisinant le Delta n'a pas été sculptée par l'érosion seule des eaux courantes, mais par la mer dont le retrait est très récent. J'ai observé sur la bordure du Delta à une hauteur souvent élevée, des plates-formes d'abrasion marine très nettes; cela rentre dans le mécanisme des grands mouvements épérogéniques récents qui ont affecté l'Asie sud-orientale. La figure 16 montre la façon dont le chaînon calcaire situé à l'est de Dông-ké vient s'émettre sur une ligne droite au Miêu-môn, véritable ligne de récifs se dressant au milieu des alluvions récentes du Delta.

Tout cet ensemble de plis parallèles vient aboutir dans la région de Phu-nho-quan aux alluvions du Delta et peu à peu y disparaît par un abaissement progressif des hauteurs (fig. 17) les calcaires restent alors



FIG. 17. — Abaissement vers le S. des chaînons calcaires de Thanh-luong (2). Vue prise de Nui-tay. Aux premiers plans, collines gréseuses rhético-liasiques de Que-quai (1). Dévonien gréseux et schisteux (3).

seuls en saillie; les terrains meubles du Rhétien ont été déblayés par l'érosion et les calcaires se dressent avec une altitude encore parfois assez forte au-dessus de la plaine (140m. au signal de Bay-an, 186 m. au Ngoc-cao). Je montrerai dans un travail sur la physiographie de la région que les eaux marines ont abandonné cette région de Nho-quan depuis un temps relativement peu éloigné et qu'elles ont joué un rôle important dans le débلاiement des terrains.

Parmi ces longs plis parallèles qui courent entre le massif cristallophyllien du Nui-côt-ca et le Delta, celui, bien marqué sur la carte, qui va des environs de Dông-ké à Nhung-lao est un des plus caractéristiques. La fig. 18 montre le début de ce couloir au voisinage de Bèn-qué près du Delta. On y

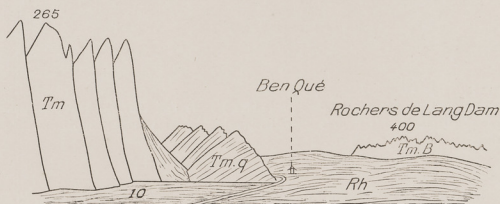


FIG. 18. — A droite et à gauche, brèches de calcaire triasique avec Infralias gréseux en anticlinal sculpté en formes adoucies, près de Bèn-qué.

voit les murailles de brèches de calcaire triasique moyen formant de hauts escarpements entre lesquels s'allonge le Rhétien gréseux et marneux, probablement accompagné de Lias appartenant à des étages plus élevés et que l'érosion a façonné en collines amoindries formant un vif contraste avec l'allure des

brèches anisiennes. Le Trias repose tectoniquement partout sur les terrains liasiques. Une coupe (fig. 19)

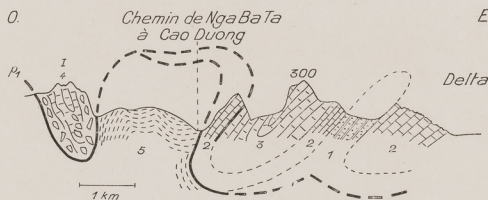


Fig. 19. — Coupe un peu au N. de Bèn-qué.

1 Trias inférieur gréseux. — 2 Calcaires du Trias moyen (base) à bancs de quartzite (Horizon de Quan-moc). — 3 Calcaires anisiens à *Caccoceras Yoga*. — 4 Brèches calcaires tectoniques. — 5 Rhétien-Lias.

prise un peu au N. de Bèn-qué montre le sillon occupé par les terrains schisteux, gréseux et marneux meubles du Lias, très plissés sur eux-mêmes, en contact discordant à l'O. et à l'E. avec les brèches de calcaire anisien qui ont été charriées sur eux et reployées ensuite avec eux. La partie Est de la coupe montre la façon dont les calcaires et les brèches triasiques sont plissés sur eux-mêmes en plis déversés ici vers le Delta. Il y a des laminages intenses au voisinage des grands contacts tectoniques et le Rhétien forme toujours des plissements incohérents et se montre cassé de façon extraordinaire au voisinage des masses calcaires qui ont été charriées dessus. La coupe montre comment dans la gouttière de Bèn-qué, le Trias inférieur disparaît à droite et à gauche, la base du Trias moyen formée des calcaires à bancs de quartzites disparaissant elle-même à l'ouest.

Vers le S., le couloir s'élargit et une grosse bande de brèches et de calcaires apparaît en son milieu. La coupe (fig. 20 A) montre les complications dans la région de Trai-chay. En ce point, on voit parfaite-

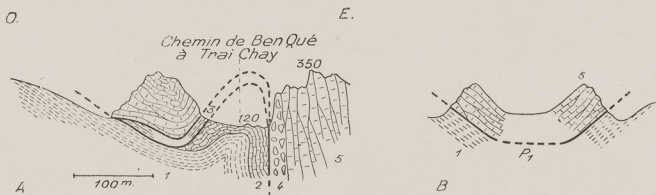


Fig. 20. — Coupes près de Trai-chay.

A — Chevauchement du Trias moyen bréchoïde sur le Lias près de Trai-chay. — B — Idem près de Lang-gnoy.

1 Grès et marnes rhétiens. — 2 Calcaires bleus liasiques. — 3 Trias moyen supérieur (Ladinien). — 4 Brèches et calcaires laminés anisiens.

ment les calcaires anisiens écrasés, généralement réduits en mylonites, reposer avec une discordance angulaire marquée par l'intermédiaire de brèches de friction, avec interpénétration incohérente des sédiments de la nappe et du substratum, sur les dépôts liasiques; ainsi on voit le Rhétien et les calcaires bleus marneux qui le surmontent ployés en un anticlinal très prononcé, sur le flanc E. vertical duquel les calcaires bleus disparaissent. Il y a un peu de Trias supérieur laminé entre la masse des mylonites anisiennes et le Rhétien. Tous ces terrains, outre les plissements à grand rayon, sont affectés de multiples petits plissements et de brisures. On observe constamment des contournements aboutissant à la formation de petits angles trièdres. La coupe fig. 20 B montre une superposition aussi très nette des brèches mylonitiques du Trias calcaire sur les grès marneux à plantes du Rhétien près de Lang-gnoy.

Plus au S. une autre coupe très nette (fig. 21) montre encore la superposition des mylonites calcaires

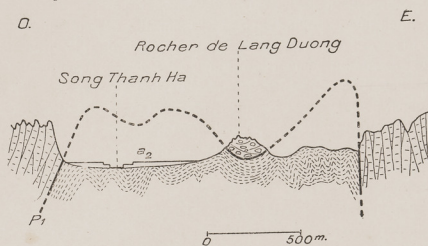


FIG. 21. — Superposition des mylonites et des calcaires ansiens laminés au Lias plissé près de Lang-duong.

en nappe sur le Rhétien ; le rocher de Lang-duong qui se dresse au milieu de la petite plaine d'alluvions du Sông-thanh-ha, forme un petit synclinal isolé sous lequel on observe avec toute la clarté désirable le Rhétien et les couches liasiques qui le surmontent, formés de schistes roses et jaunes fins et de grès marneux pulvérulents extrêmement plissés. A l'E. et à l'O. les brèches mylonitiques limitent la région géographique rhétienne de leurs murailles verticales ou à pendage très rapide. Ces coupes sont suffisamment explicites par elles-mêmes et montrent assez clairement le charriage des brèches mylonitiques sur les terrains liasiques, pour que je n'aie pas à insister davantage.

Le régime de ces plis se poursuit identique dans la région de Chi-né au N. de Phu-nho-quan, où ils entrent en confluence avec la zone des plis de la vallée du Sông-cai, qui, après avoir contourné le massif cristallophyllien du Nui-cot-ca s'infléchissent de l'O. à l'E. J'étudierai plus loin cette zone de confluence qui est des plus tourmentées. Je donnerai, pour offrir une idée bien nette de la structure de ces plis parallèles, une coupe allant de Lang-vo (sur la route de Cho-cay) au Delta en passant par la mine de charbon Borel et le signal de Cóc-thôn. Ici les terrains triasiques de la nappe charriée sur les terrains liasiques, ont été extrêmement serrés dans les plissements qui ont repris tout l'ensemble et la coupe (fig. 22) montre

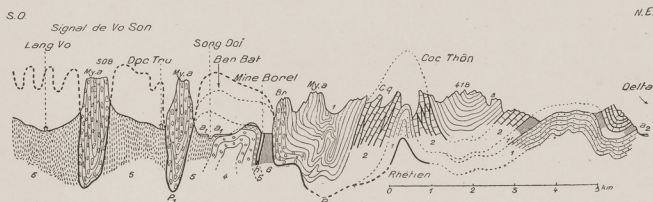


FIG. 22. — Coupe de Lang-vo au Delta par Ben-bat et Cóc-thôn.

Nappe 1 : 1 et 1' Trias inférieur et couches gréseuses du Trias moyen inférieur à *Hoernesia socialis*. — 2 Calcaires siliceux avec bancs de quartzite intercalés (série de Quan-moc). — 3 Calcaires ansiens contournés et laminés avec My. a : mylonites calcaires. — Substratum enraciné : 4 Poudingues de la base du Rhétien. — 5 Marnes et grès roses rhétiens. — 6 Marnes grises et calcschistes à *Myophoria napengensis* et charbon h.

les hautes murailles de brèches mylonitiques du signal de Vo-son et de Cho-cay pincées dans les replis formés par la série des marnes, grès roses, et calcschistes infraliasiques de Lang-vo et de Doc-tru repleyés en isoclinaux verticaux. Dans la vallée du Sông-doï un anticlinal à retombées verticales offre en son axe les poudingues de la base du Rhétien, flanqués à droite et à gauche par la série des couches marneuses et gréseuses à charbon. Mais sur le flanc sud-ouest il y a suppression par étirement d'une grande

partie des terrains représentés sur le flanc nord-est, notamment des couches à charbon ; à Ben-qué (canton de Chi-né) une belle coupe visible dans la mine Borel offre une série de couches riches en fossiles (1). Les couches rhétiennes se terminent en biseau contre la muraille des mylonites de calcaires anisiens ; les dislocations sont extraordinaires ; dans la mine Borel, les couches dont la direction générale est verticale, subissent dans leur détail des contournements prodigieux, surtout des gauchissements hélicoïdaux accompagnés d'étrelements qui donnent en coupe aux couches la forme de chapelets. — A l'E. une série de plis parallèles offrent un synclinal de calcaires triasiques très contourné et disloqué, rempli de brèches ; en certains points la compression a été telle que les mylonites deviennent des brèches dans lesquelles aucun élément ne dépasse 2 à 3 mm. Ces couches se relèvent au-dessus d'un étroit anticlinal formé par la base de la série calcaire triasique moyenne, celle des calcaires de Quan-môc dans le Nord-Annam, avec leurs intercalations caractéristiques de quartzites noirs et gris en bancs minces et rapprochés, ces calcaires quartziteux forment une voûte démantelée dans l'axe de laquelle apparaissent les grès jaunes et rouges du Trias inférieur et de la partie tout à fait inférieure du Trias moyen ; à l'est la série recommence, régulièrement, en donnant le synclinal de Côt-thôn, puis un nouvel anticlinal à noyau de Trias inférieur et un noyau synclinal ; ensuite ce sont les alluvions du Delta.

Je m'excuse de ne pas entrer dans le détail des plis de toute cette région de bordure ; mais la chose me paraît inutile. Je le répète, ces plis sont des accidents postérieurs à d'énormes charriages ; il en résulte qu'ils sont très incohérents quand à leur composition et leurs contacts ; une seule chose importe, leur forme de brachysynclinaux étroits, très allongés, séparés par de brefs ensellements, l'allure de leurs noyaux occupés par les brèches, les mylonites, et leur parallélisme. Je pense que les coupes ont suffisamment caractérisé leur manière d'être.

IV. — Massif cristallophyllien et granitique du nui Cot-ca et du nui Doi-thoi.

Je désigne ainsi le grand massif de roches cristallophylliennes et granitiques qui s'élève au S.-O. de la vallée du Sông-boi, au N. de la feuille de Phu-nho-quan et qui empiète un peu sur celle de Son-tây. Il offre une forme grossièrement triangulaire, le plus grand côté ayant environ 30 km. de longueur et étant orienté N.-O. — S.-E. ; la médiane en offre 18 environ. L'intérêt principal de cette grosse masse de terrains cristallophylliens et granitiques réside en ce que, sur tout son pourtour, les terrains plus récents plongent sous lui. Il est nécessaire de se rendre compte de ce fait qui nous aidera à débrouiller la question des charriages.

Au point de vue pétrographique, le massif est assez monotone. Il offre des micaschistes noirs, à grain très fin, des leptynites, des gneiss à gros éléments, des quartzites très abondants avec de grosses intercalations de roches diabasiques. Ce n'est point ici le lieu de faire l'analyse pétrographique de ces formations. De grosses masses d'un beau granite porphyroïde à mica noir s'élèvent à travers les gneiss, près de Boun-Bouy au sud du sommet appelé Doi-coi (signal Khu 815 m.) et entre Quan-bôi et le col de Chanh-danh. J'y ai observé des rhyolites et des micropegmatites en filons sur le sentier de Quan-bôi à Chanh-danh ainsi qu'une bande de péridotite au col même ; cette péridotite forme le sommet 975.

Tous ces éléments s'allongent avec une direction N.-O. — S.-E.

(1) Le Rhétien de Chi-né m'a fourni avec des plantes rhétiennes les espèces suivantes qui appartiennent au faciès du Rhétien birman : *Myophoria napengensis* M. HEALY, *Modiolopsis* cf. *gonoides* M. HEALY, *Modiola Fragi* M. HEALY.

J'ai dit que sur tout le pourtour de ce massif les terrains plus récents plongent très nettement sous lui. Par exemple, une coupe prise sur sa limite ouest, à Lang-qua (fig. 23) montre les gneiss et les quartzites

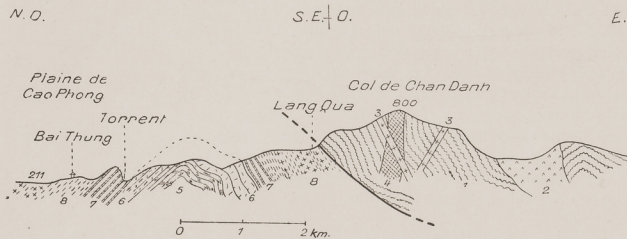


Fig. 23. — Coupe de Bai-thung au col de Chan-danh.
1 Gneiss. — 2 Granite porphyroïde à mica noir. — 3 Rhyolites. — 4 Péridotite. — 5 Marnes jaunes rosées liasiques. — 6 Quartzites à *Cardinia* aff. *philea*. — 7 Calcaires bleus en dalles (Lias supérieur). — 8 Grès et tufs andésitiques (Lias supérieur).

tes pourvus d'un pendage oriental recouvrant par un plan de discordance tectonique la série des grès rouges liasiques à intercalations de tufs trachytandésitiques.

Portons-nous maintenant à l'est, à l'extrémité opposée. Une coupe passant par le signal du Doi-coi, le village de Lang-vo et les rochers de Tuam-ti nous montrera (fig. 48) les mylonites calcaires triasiques reposant sur le Rhétien, plongeant elles-mêmes avec ampleur sous les gneiss. Une coupe tout à fait analogue nous sera donnée plus au N. (fig. 47) par Lang-sang et le rocher de Lang-mo. Ici encore les mylonites calcaires anisiennes s'enfoncent sous les terrains cristallophylliens. Et, d'un bout à l'autre du contact, il en est de même; seulement ce sont tantôt les mylonites calcaires, tantôt la base du Rhétien, tantôt la série liasique plus élevée qui plongent sous le massif. En certains points, l'angle des plongements se rapproche de la verticale; ailleurs, au contraire, il s'en éloigne de plus en plus.

La façon dont les plis affectant les terrains mésozoïques se raccordent avec la limite de ces terrains cristallophylliens est très tourmentée: bien que d'une façon générale les axes des plis enveloppent et moulet, comme le montre la carte géologique, la masse des vieux terrains; cependant ces axes viennent souvent se terminer le long de ce massif, les terrains composant les plis venant l'un après l'autre disparaître en biseau contre lui.

Nous retiendrons principalement de ces données, que les terrains secondaires sont partout chevauchés par le massif ancien du Nui-cot-ca et du Nui-doi-thoi, et que celui-ci semble donc bien poussé sur eux. En discutant la question des charriages nous aurons à y revenir.

V. — Zone des plis du Sông-caï

La zone des plissements du Sông-caï, que je nomme ainsi du nom de la rivière principale qui y a creusé son bassin, décrit un grand arc de cercle faiblement incurvé enveloppant le massif cristallophyllien du Nui-cot-ca et du Nui-doi-thoi placé à l'E. entre elle et la zone des plis de bordure du Delta précédemment décrite. A l'ouest, elle est limitée par la longue et haute muraille des chaînes calcaires d'entre le Sông-ma et le Sông-caï, chaînes qui sont le prolongement immédiat sud-oriental de la région du Mòc-châu. Cette zone du Sông-caï est occupée fondamentalement par l'épaisse masse des terrains rhétiens

et liasiques (1) sur lesquels reposent des lambeaux de brèche mylonitique calcaire, débris de la nappe que nous envisagerons plus loin dans son ensemble.

La corde de cet arc, en le faisant commencer à la Rivière Noire aux environs de Cho-bo, jusqu'à l'extrémité sud-orientale de la feuille de Phu-nho-quan, à sa confluence avec les plis de la région de bordure du Delta, ne mesure pas moins de 90 km. de longueur.

Cette région de plis liasiques s'enfonce à l'ouest sous les masses de calcaires et de brèches prolongeant le Môc-châu, à l'est sous le massif cristallophyllien du Nui-doi-thoi et du Nui-cot-ca. Je vais le montrer.

Je commencerai par l'extrémité N.-O. de l'arc. Comme on peut le voir sur la carte géologique au 1 : 200.000 annexé à ce travail, les plis rhétiens s'engagent vers le N.-O. sous l'énorme carapace des mylonites de calcaire abîmé et si, dans le bassin du Sông-cai nous pouvons les suivre et les étudier, c'est grâce au travail de déblaiement de l'érosion. La coupe (fig. 24) montre comment au S. de Cho-bo, la série liasique

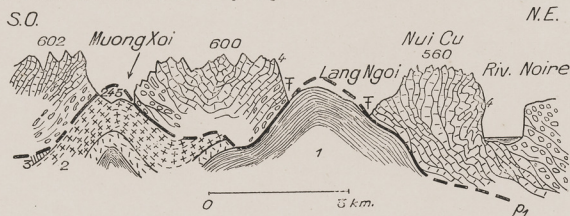


FIG. 24. — Coupe passant par Lang-ngoi.

Série liasique apparaissant à travers des fenêtres sous la masse des mylonites calcaires. — 1 Calcschistes gris à charbon à plantes et à *Cypricardia Garandi* et *Modiola Frugi*, etc. (Infralias) et grès à *Cardinia*, aff. *philea* (Sinémurien ?). — 2 Grès rouges avec tufs éruptifs (Lias supérieur). — 3 Calcaires bleus (Lias supérieur). — 4 Brèches et calcschistes de laminage anisiens.

que apparaît par endroits à travers les fenêtres ouvertes dans la masse des brèches et calcaires écrasés et comment la nappe de ces dernières repose tantôt sur les marnes rhétiennes et calcaires marneux à *Modiola Frugi* comme à Lang-ngoi, tantôt sur les grès rouges à tufs orthophyriques comme dans le couloir du Muong-soi ; dans ce dernier, on voit même à l'ouest, les calcaires bleus supérieurs de la série liasique venir s'intercaler entre les grès et les mylonites s'étirer sous ces dernières vers le N.-O.

Dans le canton de Cao-phong une partie des plis s'en va vers l'est au nord du massif cristallophyllien du Nui-doi-thoi. Ces plis iront former la bande bordière du Delta ; nous les avons déjà étudiés. Au contraire ceux du Sông-cai passent rapidement de la direction O.-S.-O. au N.-S. ; il y a donc là un éventail divergent (voir fig. 13).

La carte géologique montre au S. de Cho-bo un tache de Rhétien entièrement enveloppée par les calcaires et les brèches triasiques ; les calcaires forment sur tout le pourtour de cet affleurement des à pics verticaux ou très brusques, et longtemps ce point a été énigmatique pour mes prédécesseurs ; c'est

(1) La série des terrains supérieure au Trias est représentée par une formation énorme de poudingues à la base du Rhétien, suivie de plus de 600^m de grès, arkoses, marnes, schistes marneux, tous très bariolés, à plantes et couches de charbon et que j'ai décrite ailleurs dans le Bulletin du Service géologique de l'Indochine et dans les C. R. de l'Académie des Sciences (t. 158, p. 815, 16 mars 1914). La succession est la suivante ; poudingues à la base, puis quartzites gris s'hydratant en silice jaunâtre pulvérulente riche en *Gervillia*, *Chemnitzia* sp. ; puis série puissante de grès sableux meubles avec cinq couches de charbon entremêlés de marnes jaunes, bleues ou noires dans lesquelles les espèces caractéristiques sont *Modiolopsis gonoides* M. HEALY, *Myoph. napengensis* M. HEALY des Napeng beds birmanes ; puis une série de marnocalcaires bruns avec *Modiola Frugi* M. HEALY, *Leda perlonga* MANSUY, *Datta* cf. *oscillaris* M. HEALY, *Cypricardia Garandi* MANSUY, *Cyp. choboensis* MANSUY. Au dessus de ce Rhétien vient une grosse série de quartzites à *Cardinia* aff. *C. philea* d'ORB., de la zone à *Arietites Bucklandi* du Sinémurien inférieur ; ensuite plus de 300 m. de grès rouges sans fossiles, puis une série de grès entremêlés de tufs orthophyriques épaisse d'environ 200 m. Le tout se termine par une série épaisse de calcaires bleus. Je pense que toute la série liasique est représentée là.

ce que les premiers géologues tonkinois ont nommé l'œuf de Cho-bo, intrigués par l'allure de ces dépôts rhétiens (déjà déterminés par des plantes) surplombés partout par les sauvages falaises calcaires; mais personne n'avait reconnu le caractère mylonitique et bréchoïde des calcaires de cette région et la superposition du Trias aux terrains liasiques; on n'avait pas vu, non plus, le phénomène absolu et général du recouvrement des mylonites elles-mêmes par la série paléozoïque de la boucle de la Rivière Noire.

Les mylonites calcaires forment vers le S.-S.-E. de l'œuf de Cho-bo une avancée de barres et de pitons très pittoresque qui sépare la partie haute du bassin du Sông-cai de celle du Sông-hoa, qui vient du canton de Cao-phong et va se jeter dans la Rivière Noire, tandis que le Sông-cai est tributaire du Sông-ma. Cette barre porte le nom de Nui-chu. A l'O., ce sont surtout les grès rouges de la partie supérieure du Rhétien, les grès probablement hettangiens et sinémuriens et les grès à intercalations de tufs orthophyriques ainsi que les calcaires bleus très épais qui terminent la série liasique et dont l'âge précis reste encore à déterminer. Cette série est très plissée avec les couches très relevées; la figure 25 montre com-

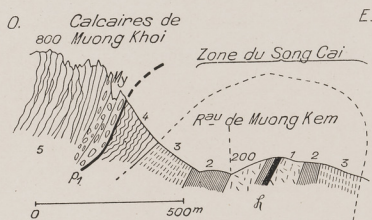


FIG. 25. — Coupe près de Muong-kem.

- 1 Grès jaunes et rouges à charbon et plantes infraliasiques. —
 2 Calcschistes bruns (Hettangien). — 3 Série de grès rouges liasiques. — 4 Calcaires bleus liasiques. — 5 Mylonites et calcschistes de laminage anisiens.

ment dans la région de Muong-kem la série liasique est recouverte par l'épaisse masse des mylonites calcaires. A cinq kilomètres au S.-S.-E. des témoins de mylonites calcaires se montrent sur la série liasique, sous forme de blocs énormes se dressant au-dessus de la petite plaine de Qui-my, tel l'extraordinaire rocher de Muong-la. Au delà de Qui-my, les hauteurs du Nui-doi-tang qui séparent le Sông-coi de son affluent le Sông-boi (1) offrent toute la série rhétienne des couches à *Myophoria napengensis* M. HEALY et *Sync. quotidianum* M. HEALY, des grès rouges bien développés, entre Lang-gé et Qui-my; un beau gisement fossilifère s'observe à Kho-ron près du Sông-cai. A partir de la région de Do-nham, les mylonites calcaires disparaissent complètement vers le sud-est.

Remontons vers le nord dans le canton de Cao-phong, à l'est du Nui-chu: la carte géologique montre là une brusque inflexion des plis vers le S. et une série de plissements parallèles autour de la plaine d'alluvions de Cao-phong: les synclinaux allongés sont occupés par les calcaires bleus supérieurs de la série liasique; les axes anticlinaux par le Rhétien fossilifère. Toute cette série, outre les grands plis, offre d'innombrables contournements et brisures. Au N. de la plaine d'alluvions de Cao-phong l'érosion a modelé en basses collines arrondies les formations liasiques. Au milieu de cette dépression

(1) Qu'il ne faut pas confondre avec le grand Sông-boi de la région bordière du Delta. Les mêmes noms se répètent à de courtes distances; l'imagination des habitants est très pauvre au point de vue toponymique. Ainsi en général toute montagne calcaire s'appelle Nui-con-voi, c'est-à-dire simplement: « Montagne calcaire ». Cela est très gênant lorsqu'on se livre à des études demandant des précisions topographiques.

aux formes douces se dressent de hauts rochers verticaux formés de témoins de brèches mylonitiques qui reposent nettement sur la série liasique. La figure 26 montre la belle coupe si typique des rochers de

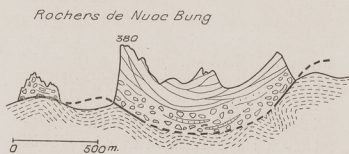


Fig. 26. — Superposition des brèches mylonitiques calcaires (Nappe I) des rochers du Nuoc-bung aux grès liasiques plissés.

Nuoc-bung. Un autre point de vue très intéressant aussi se trouve au village de Na-mo, au N.-E. de Baï-tung; de là, on voit avec une netteté parfaite la série rhétienne fossilifère plonger sous les calcaires mylonitiques triasiques du Dôï-lao (fig. 27). De même que dans la région de Qui-my, à l'ouest de la barre du

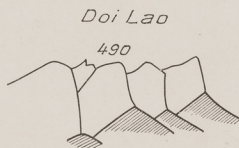


Fig. 27. — Plongement du Lias sous la brèche anisienne formant escarpement au Dôï-lao. Vue de Na-mo.

Nui-chu, les mylonites disparaissent au sud du canton de Cao-phong. Le bassin du Sông-cai et son affluent le Sông-bôi ne sont plus occupés que par de grands plis serrés très allongés, souvent comprimés en isoclinaux verticaux, formés par la série rhétienne-liasique; parfois un peu de Trias supérieur se montre dans les axes anticlinaux. Ces plis sont autochtones. Entre Cao-phong et le canton de Ngoc-my, les directions des plis descendent du nord au sud; elles se dessinent bien, sur la carte géologique, par l'allongement des synclinaux de calcaires liasiques supérieurs ou des anticlinaux de Trias supérieur ou de Rhétien. Au S.-O., les masses mylonitiques chevauchent cette série; au N.-E., elle disparaît sous la série cristallophyllienne du Nui-côt-ca. Puis, dans le Thanh-hôi et le Ngoc-my les directions s'infléchissent peu à peu au S.-S.-E. et passent à l'E.-S.-E. dans les cantons de Huong-nghia, Suât-hoa, Ding-cù. Ici, nous retrouvons les calcaires anisiens et les mylonites forment une avancée qui sépare en deux parties sur la carte la zone des plis du Sông-cai. La partie la plus méridionale forme les plis de la région des collines de Tuc-mac et de Hoai-an, puis dans les cantons de Yên-nghiêp et de Lac-thuy, elle vient se terminer rapidement sous la masse des mylonites et des calcaires laminés anisiens accompagnés de Ladinien et de Trias supérieur, chevauchant les plis rhétiens. La partie septentrionale, plus large au contraire, formée aussi de plis verticaux serrés, voit ses directrices passer à l'O.-E. dans le canton de Van-long, puis s'infléchir à l'E.-N.-E. et au N.-E. dans les chaînons du Dôc-cap, du Nui-công, du Doi-chi, du Nui-be-ôc, puis, l'ensemble, après avoir ainsi moulé le massif cristallophyllien du Nui-côt-ca, vient confluer avec les plis de la zone de bordure du Delta; la direction générale redevient alors E.-S.-E. dans les chaînons du Dôï-chanh, du Nui-son-am, puis franchement s'oriente N.-O.—S.-E., comme dans les plis de bordure du Delta dans les cantons de Hâu-bong et de Huu-lai et Binh-lung. Dans le canton de Huu-lai les plis verticaux, en isoclinaux offrent les poudingues de base du Rhétien dans les axes anticlinaux. Il y a là un bel exemple de bifurcation de pli anticlinal autour du massif calcaire de Phu-vê formant synclinal. Dans toute cette région reparaissent, faisant suite à l'ouest à ceux de la bordure du Delta, les synclinaux de calcaires et de brèches charriés sur les terrains liasiques et replissés avec eux et au point de vue topographique, le régime des hautes murailles surplombant des couloirs arasés par l'érosion recommence.

La photographie (fig. 28) montre l'allure des terrains rhétiens et liasiques meubles, sculptés en



FIG. 28. — Contraste des terrains liasiques meubles et des calcaires anisiens ; environs de Cho-dap

collines couvertes de taillis formant de très gracieux paysages dans les environs de Cho-dap. Au loin, la muraille calcaire verticale et aiguillée du Ba-cua forme l'horizon.

Au milieu des chaînons allongés à surface sculptée en mouvements d'altitude médiocre (au maximum 504 m. au Nui-nich-ki) des cantons de Yên-luong et de Lac-thuy (voir la carte), modelés dans les terrains meubles rhétiens et liasiques, s'élève une large masse de calcaires remarquablement modelés en bassins et couloirs sans écoulement aérien, très pittoresque avec ses cirques sauvages aux parois verticales, dont les uns sont de dimensions très restreintes, d'autres au contraire très vastes. La photographie (fig. 29) a été prise au milieu du cirque de Lang-bai-da dont elle montre l'étendue. La photo-



FIG. 29. — Fond de bassin sans écoulement au milieu des pitons calcaires de Lang-bai-da.

graphie (fig. 30) montre au contraire un cirque étroit, celui de Xom-tap, avec ses parois abruptes. Le



FIG. 30. — Petit cirque calcaire de Xom-tap.

fond de ce cirque est généralement occupé par des rizières. La circulation est particulièrement difficile dans les massifs calcaires de ce genre où les pistes cavalières ne passent pas. Ces calcaires sont généralement réduits en brèches ou en calcschistes luisants gauchis, contournés de mille manières. Leur ensemble appartient à la nappe des mylonites triasiques, transportées sur les terrains liasiques. Ils sont plissés en plis verticaux à l'ouest dans le Binh-chan, des schistes marneux ladinien apparaissent en anticlinal sous les mylonites; l'ensemble vient buter par l'intermédiaire d'un plan de charriage contre les terrains liasiques plissés au N. du Nui-dôi de Phu-han et entre Lang-cang et Lang-méi. Ces calcaires se rattachent directement au S., comme le montre la carte, à la grande chaîne calcaire prolongeant au S.-E. les plis du Mòc-châu.

Toute cette région des plis du Sòng-cai offre une quantité d'affleurements de charbons demi-gras; cette tectonique tourmentée est malheureusement un défavorable indice pour sa prospérité future au point de vue minier; de très beaux affleurements charbonneux se suivent sur une certaine longueur, puis s'étirent brusquement et disparaissent; de plus, les gisements sont ordinairement verticaux, comme les couches qui les encaissent. La plus grande partie des gisements se trouve surtout dans les cantons de Chiêm-hoa, Kim-bôi, Truong-mon, Hau-bong, Huu-lai, Binh-luong, c'est-à-dire à la rencontre de la zone des plis de bordure du Delta et la zone du Sòng-cai. Il en résulte des brisures, des étirements, des crochons brusques, qui se rencontrent à chaque pas en nombre déconcertant; il est difficile de rencontrer une région plus disloquée que toute cette bande de terrains qui occupe la vallée de la Rivière Noire et la région de Phu-nho-quan, non seulement, au point de vue des grands mouvements tectoniques, mais dans le détail plus intime.

VI. — Zone du Mòc-châu et son prolongement sud-oriental

Le Mòc-châu (ou par abréviation le Mòc) forme une individualité géographique parfaitement marquée au S.-O. de la Rivière Noire. C'est une zone de plis très marqués, verticaux, enracinés. Il y a concordance absolue entre les directions tectoniques et orographiques, celles-ci suivant toutes les inflexions de celles-là. Au S.-O., le Mòc s'appuie contre la Chaîne annamitique cristallogénique, granitique et paléozoïque.

La carte géologique montre le Mòc formé de longues lignes de crête flexueuses, dont l'altitude, voisine de 1.300 m., varie peu; ces crêtes sont sculptées en innombrables pitons. J'ai déjà indiqué que le Mòc est une vieille pénéplaine du cycle de Tswéi-wei-chann correspondant au cycle de Tang-hièn.

Au point de vue géographique le Mòc-châu est particulièrement intéressant. Sa végétation dans laquelle apparaissent les chênes et les pins, végétation de zone tempérée chaude mais non tropicale, l'immensité des plateaux calcaires ciselés, fouillés en milliers de pitons aux aspects les plus inattendus, ses longues vallées mortes, jalonnées de gouffres d'absorption, le parallélisme de ses longues lignes de crête bien net dans les panoramas immenses qui s'étendent devant les yeux dans les froides matinées d'hiver, tout contribue à en faire une région d'aspect très curieux, un peu mélancolique, mais très évocateur. Du fond des gorges de la Rivière Noire en amont de Van-yên, les pitons de bordure du Mòc apparaissent au fond des tournants du canyon, dominant avec une hardiesse et une puissance incomparable la profonde gorge aux larges eaux claires.

Au point de vue stratigraphique le Mòc-châu se compose surtout de Trias inférieur, moyen et supérieur. Le Trias inférieur apparaît surtout le long du versant dominant la vallée de la Rivière Noire entre les environs de Van-say et Ta-lai. Ce sont les poudingues puissants de la base qui se montrent d'abord; puis la série des schistes, marnes et grès fins rosés et jaunes à *Myophoria laevigata*, suivis de la série des grès à *Hoernesia socialis* qui commencent le Muschelkalk. Tout cela a été décrit en détail dans un travail antérieur. La masse des calcaires anisiens à *Cuccoceras Yoga* (Etage de Khoa-truong) avec à la base les calcaires à fins banes de quartzite, forment la plus grande partie du Mòc-châu. Les grès et schistes ladi-

niens viennent ensuite, avec le Carnien qui les surmonte, pincés en longs synclinaux minces et verticaux dans les iso-clinaux calcaires. La carte géologique au 1 : 200,000 montre très nettement l'allure étroite de ces synclinaux. Enfin, les grès rouges de la formation que jusqu'à présent, faute de pouvoir lui donner une appellation précise, nous avons dénommée « Terrain Rouge », puissante série de poudingues, psammites, arkoses, avec schistes intercalés, d'une teinte brun rouge caractéristique, termine les terrains secondaires. Cette formation occupe le fond de longs couloirs entre les calcaires ou des vallées comme celle du Nam-sap ou du Souéi-nha ; elle est indifféremment transgressive sur n'importe quel terrain et partout a été plissée en plis verticaux pincés dans la série triasique. Ce terrain est certainement postérieur à la série liasique ; mais comme jamais *aucun fossile* n'y a été recueilli, tout ce que nous pouvons en dire, c'est qu'il est postérieur au Lias et antérieur aux plissements d'âge himalayen. Il y a bien dans le Rhétien des terrains rouges et d'après cela les auteurs qui se sont occupés du Tonkin, M. H. Lanteroïn entre autres, ont été portés à généraliser le parallélisme des assises formées de grès rouges. Dans le cas en question, le terrain rouge, qui est bien cette formation particulière qui se poursuit sur le Sông-ma et dans la feuille de Son-la, est entièrement différent du Rhétien et bien postérieur à celui-ci. C'est à la formation qui nous occupe qu'on doit, jusqu'à ce qu'on ait trouvé son âge précis, réserver la dénomination de Terrain Rouge, car, je le répète, cette assise n'a rien à voir avec le Rhétien. C'est sur la haute Rivière Noire que j'espère trouver la solution, préciser l'âge du Terrain Rouge.

Au S.-O. dans le coin de la feuille de Van-yên, le Trias inférieur réapparaît dans le Mòc-thuong comme le montre la carte. Il est directement transgressif sur les micaschistes du Pou-an-en. La carte montre comment dans cette région le Terrain Rouge repose du côté de Ban-hama, indifféremment sur les calcaires du Pou-sam-sao et de Pa-linh ou sur le Trias inférieur.

Avant d'indiquer les principaux accidents tectoniques du Mòc-châu je donnerai une coupe transversale, allant des micaschistes du Pou-an-en aux mylonites de la Rivière Noire (fig. 31).

La carte montre un anticlinal de Trias inférieur formé de la masse des poudingues de base, très puissants, puis des schistes roses et jaunes fins occupant la combe de Souéi-pi, Souéi-hom, au S.-O. de Van-say sur la Rivière Noire. Cet anticlinal, à plongements normaux inclinés en moyenne à 45° est visible dans la partie droite de la figure 31. Il est recouvert sur ses flancs par le Trias moyen débutant par les calcaires

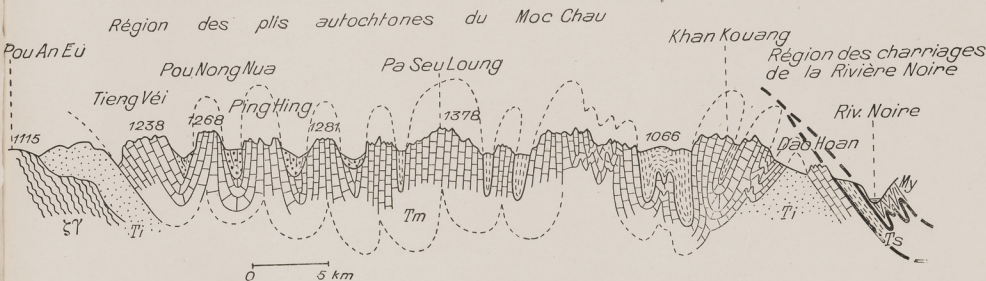


FIG. 31. — Coupe du Pou-an-en à la Rivière Noire.

Plis enracinés iso-clinaux du Mòc-châu. — $\xi\gamma$ Terrains cristallophylliens de la Chaîne annamitique. — Ti. Trias inférieur. — Tm. Calcaires du Trias moyen. — Ts. Ladinien et Carnien. — My. Mylonites éruptives.

de base à rubanements de quartzite (horizon de Quan-mòc) surmonté par la grosse masse des calcaires anisiens (horizon de Khoa-truong). Ces calcaires qui, à quelques kilomètres à l'est, sont au N. de Van-say dans la zone des terrains charriés réduits en lames de mylonites, sont ici dans les plis autochtones du Mòc, très froissés souvent, offrent des brèches de friction, des brisures, des écailllements et des contournements prononcés, mais pas l'extraordinaire développement de lames d'écrasement qui, dans la région de Chobo, finit par envahir la masse toute entière.

Au N.-E. l'anticlinal de Souéi-hom offre, tout le long du versant de la Rivière Noire, entre Souéi-kloy et Na-mi une large bande de schistes marneux formés par les couches longobardiennes à *Protrachyceras Archelaüs* LAUBE suivies des couches à *Daonelles*. Ce Ladinien, très froissé, où les fossiles sont aplatis et déformés se prolonge vers l'E.-S.-E. vers Lang-gnoya; mais à partir de Souéi-boung les calcaires anisiens s'étirent et disparaissent, ne formant plus qu'un chapelet d'îlots dans un pli-faïlle et le Ladinien vient en contact direct avec le Trias inférieur; les calcaires du Trias moyen reparaissent près de Na-mi. Là le Ladinien vient disparaître complètement comme le montre la carte au 1 : 200.000, entre le Trias moyen et les mylonites de périodotites et de gabbros à olivine de la grande nappe de la Rivière Noire; cette nappe chevauche l'anticlinal que nous étudions (1).

Près de La-lai, le Trias inférieur du noyau de l'anticlinal s'enfouit sous les calcaires du Trias moyen et on ne le voit plus vers le S. E. sur la feuille de Van-yên.

Sur son flanc sud-oriental, il plonge comme la figure 31 l'indique, sous les falaises du Khao-khouang 1.294 m.) que doit gravir par un sentier extrêmement pénible le sentier qui va de Van-say à Tu-nang par Muong-lum. A partir de là, entre la vallée du Nam-say encombrée par le « Terrain Rouge » et la limite de l'anticlinal à noyau de Trias inférieur que nous venons d'examiner, le régime est constamment le même et apparaît à première vue sur la carte, traduit encore mieux du reste par la figure 31. Sur une largeur de quinze kilomètres les plis sont complètement verticaux; l'impression que l'on ressent à cheminer pendant des heures au milieu de ces formations constamment verticales est curieuse; et ce sont les calcaires anisiens reployés sur eux-mêmes qui forment ces énormes isoclinaux. Par endroits de longs couloirs se montrent dans les calcaires longs de 10 à 13 km. parfois avec une largeur de quelques centaines de mètres seulement; la composition de leur fond formé de schistes et de marnes de Ladinien et de Carnien pincés en synclinaux aplatis et verticaux dans les grands isoclinaux calcaires, et la verticalité des couches font que les calcaires encaissants se dressent de part et d'autre comme de gigantesques murailles polies de plusieurs centaines de mètres de hauteur. Le fond de ces longues dépressions, produites par le débâlement de l'érosion, est en général placé entre 800 et 1.000 mètres d'altitude. Des ruisseaux y coulent qui se perdent aux extrémités dans des avens dont la profondeur et le nombre considérable feraient l'objet de recherches spéléologiques et hydrologiques prolongées.

Le plus long de ces synclinaux est celui de Muong-lum (fig. 32); il atteint 15 km. de longueur et sa



FIG. 32. — Synclinal de Muong-lum. Calcaires anisiens verticaux et Ladinien débâlé par l'érosion et sculpté en collines arrondies.

largeur varie entre 600 m. et 200 m. Celui de San-song, entre les falaises du Pou-yong-tinh et les rochers de Pa-hom et sinueux et irrégulier; ceux de Tian-kinh-lainh et de Tha-so sont plus courts et

(1) On remarquera, en regardant la carte, que les phénomènes de charriage se prolongent vers le haut de la Rivière Noire. Leur étude sera faite plus tard et le raccord avec ceux de la moyenne et de la basse Rivière Noire établi à ce moment.

étroits aussi : celui qui est compris entre les cotes 1382 et 1268 à l'O. de Ping-hing est très allongé, 7 km. environ, pour 100 à 200 m. de largeur. Celui de Co-ha, où coule le Souéi-ham qui se perd dans des cirques est plus large et se subdivise en digitations vers le sud.

Par endroits, on trouve entre les calcaires verticaux des lambeaux très écrasés de schistes ladinien ou du Trias supérieur et l'on a l'impression que dans beaucoup de cas les terrains meubles de ces étages ont littéralement fusé entre les parois calcaires lors de la formation des isoclinaux, la compression des plis verticaux calcaires ayant été poussée à un tel degré que les horizons ladinien et carniens, par suite de leur peu de consistance, ont été chassés comme une substance molle entre des plaques dures.

Je n'ai rien de particulier à dire sur les synclinaux occupés par le Terrain Rouge. La carte montre leur extension, leurs allongements en bandes généralement étroites, serrées entre les anticlinaux calcaires ; les couches sont ordinairement verticales comme celles du Trias. Un important synclinal occupé par le Terrain Rouge s'allonge au S. de la carte dans la vallée du Souéi-nha, limité par d'énormes falaises calcaires. Il est long de plus de 40 km. et passe dans la région de Mai-châu qui n'est pas encore étudiée.

Dans le canton de Móc-thuong, une large masse de Paléozoïque (Silurien supérieur et Dévonien) vient former dans le Trias une zone synclinale extrêmement plissée et disloquée. Je l'ai étudiée plus haut avec les plis de la région paléozoïque dont elle n'est qu'un lambeau charrié sur la région autochtone du Móc-châu. Cette bande s'allonge, comme je l'ai montré, jusque dans le canton de Bao-la.

La carte géologique montre l'allure flexueuse des guirlandes de plis du Móc-châu et l'allure générale N.-O. — S.-E. bien marquée des directrices. Il y a parfois passage à une direction O.-S.-O. — E.-S.-E. et parfois même O.-E. comme dans le Móc-ha, dans les châlons calcaires du Pou-xum, du Pou-tché, du Pou-pha-pheung, mais cela est local et les directions retournent rapidement à l'orientation générale.

Il me reste à étudier le prolongement sud-oriental des plis du Móc-châu. Ceux-ci forment sur la feuille de Mai-châu (1) une bande N.-O. — S.-E. épaisse qui se prolonge sur la feuille de Phu-nho-quan où elle vient limiter de sa longue et imposante falaise la zone déjà décrite du bassin du Sông-cai. Elle est complètement formée par les calcaires triasiques soit verticaux, soit en plis serrés, très comprimés jusqu'au S.-O. de Cho-bo, mais là intervient le grand pli-faïlle qui sert de plan limite aux grands chevauchements de la boucle de la Rivière Noire et sur Phu-nho-quan les plis calcaires ne sont plus autochtones, mais appartiennent à la grande masse de mylonites charriées sur le Rhétien et le Lias du Sông-cai. La zone des plis autochtones passe dans le bassin du Sông-ma où elle s'enfouit sous la masse du Terrain Rouge. Ainsi, le prolongement géographique des calcaires du Móc-châu n'est pas rigoureusement le prolongement tectonique, puisque la zone autochtone fait place à la zone des charriages.

Dans cette bande de calcaires qui traverse en écharpe la partie sud-ouest de la feuille de Phu-nho-quan nous retrouvons avec un développement considérable les mylonites et les calcschistes lustrés de laminage tout le long du contact avec la zone du Sông-cai. (Se reporter à la fig. 25). Cette zone est très curieuse, avec ses crêtes élevées, parallèles, pour la plupart absolument infranchissables. De longues dépressions, comme au Móc-châu, y sont occupées par le Ladinien, mais qui apparaît en anticlinaux étroits et serrés dans les calcaires au lieu d'être en synclinaux. Cette zone représente les digitations du front de la grande nappe à base de Trias de la feuille de Phu-nho-quan, c'est-à-dire des zones de bordure du Delta et du Sông-cai (Voir les coupes en couleur de la planche III).

La zone de contact de la région rhétienne du Sông-cai et de la chaîne calcaire se fait par l'intermédiaire de mylonites très constantes comme je l'ai dit plus haut. Ces mylonites reposent tantôt sur les schistes et marnes charbonneux à *Myophoria napengensis* et *Pect. (Syncycl.) quotidianus*, tantôt sur les grès rouges supérieurs, tantôt comme près de Xom-phéo ou de Muong-kem sur les calcaires bleus de la partie supérieure du Lias (Figure 25).

(1) Les topographes n'ont pas encore levé cette feuille, c'est pourquoi sur ma carte cette partie ne porte pas les courbes de niveau.

VII. — Relations entre elles des différentes zones plissées précédentes.

Dans la description précédente, j'ai envisagé les zones suivantes : Zone cristalline et cristallophyllienne d'entre la Rivière Noire et le Fleuve Rouge, enveloppée par les terrains paléozoïques plissés et disloqués en écaillés poussés les uns sur les autres vers la convexité de la courbure des plis ; j'ai montré que les mylonites de roches basiques forment autour de cette zone une auréole plus ou moins interrompue par d'énormes laminages. Nous avons vu ensuite qu'autour du massif cristallophyllien et granitique du N. Doi-thoi et du N. Cot-ca se déploient la zone des plis du Sòng-coi et celle des plis de bordure du Delta. Enfin, nous avons eu à examiner la zone des plis du Mòc-châu et de son prolongement sud-oriental. Voyons, avant de pénétrer dans les relations intimes de ces zones de plis entre elles, quels sont leurs relations générales.

I. — Les plis du Mòc-châu sont enracinés, nous l'avons vu ; c'est une région très refoulée, formée d'isoclinaux serrés et verticaux qui s'appuient directement contre l'axe de la Chaîne annamitique vers le S.-E. Cette zone du Mòc-châu est le substratum contre lequel sont venus chevaucher les plis des régions charriées du N.-E.

II. — Nous avons fait la constatation, dans de nombreuses coupes, que les mylonites de gabbros et de péridotites forment une énorme nappe, très puissante en épaisseur et géographiquement aussi, qui par endroits se lamine complètement, mais atteint aussi une épaisseur considérable au Ba-vi ou dans la région de Van-yên. Ces mylonites sont charriées sur la zone autochtone du Mòc-châu.

III. — Nous avons pu constater en core par des coupes probantes, que le Paléozoïque forme une boucle immense, suivant la boucle de la Rivière Noire ou à peu près et que cette boucle est formée d'écaillés et de plis couchés superposés, plongeant toute vers un centre de convergence qui est la masse des terrains cristallophylliens de la région entre Rivière Noire et Fleuve Rouge.

IV. — Nous avons vu que, de dessous ces plis affectant le Paléozoïque, sous lequel s'enfoncent les mylonites de roches vertes, se dégage un groupe de plis d'abord en éventail, qui se subdivise en deux grands faisceaux de part et d'autre du massif cristallophyllien du Nui-doi-thoi. Le premier forme la zone des plis N.-O. — S.-E du Sòng-cai ; le second forme la zone des plis de bordure du Delta, formant éventail au N. dans la région du Ba-vi, s'incurvant ensuite en une série d'arcs s'orientant de plus en plus vers le S.-O. et finissant par prendre complètement cette direction. Nous avons vu que dans ces deux zones les coupes donnent constamment une superposition anormale du Trias sur les terrains liasiques et que le développement des brèches d'écrasement de la puissante série des calcaires anisiens atteint des proportions inusitées ; tout nous oblige à conclure à la superposition et au charriage du Trias sur les terrains plus récents. Ce Trias lui-même est chevauché par les terrains paléozoïques.

V. — Enfin, nous avons fait la constatation que sous le pourtour tout entier du massif cristallophyllien du Nui-doi-thoi et du Nui-côt-ca s'enfoncent les terrains secondaires. Nous ne pouvons échapper à la conclusion que ces terrains cristallophylliens sont superposés anormalement à ces terrains.

De ces diverses constatations, tant des rapports de ces zones entre elles que de la présence de masses de mylonites de roches vertes et de l'écrasement extraordinaire de la masse des calcaires du Trias moyen, se dégage la notion indéniable, impossible à rejeter, de charriages importants. C'est ce que nous allons chercher à démontrer maintenant.

VIII. — Etude des charriages et rapports des nappes entre elles

Dans la description qui va suivre je donnerai les coupes détaillées nécessaires pour la compréhension des faits, mais il faut également que le lecteur se reporte aux coupes en couleur qui accompagnent la carte géologique et portent les mêmes teintes que celle-ci pour les terrains.

J'ai numéroté les nappes de I à III d'après leur superposition. La nappe III est la nappe formée de terrains paléozoïques qui est poussée par dessus le tout.

A. — Rapports entre les terrains paléozoïques et les terrains secondaires

J'ai montré dans le chapitre consacré à l'étude des terrains paléozoïques, que ces derniers se décomposent sur la feuille de Thanh-ba, au N. et au N.-E. de Van-yên, en deux éléments tectoniques bien distincts au premier abord : une lame dinantienne chevauchée largement par les terrains paléozoïques antérieurs au Carbonifère et plus ou moins laminée ; la lame dinantienne n'est pas une nappe indépendante ; elle repose soit sur les mylonites de roches basiques, soit sur le Trias parce qu'elle représente la région axiale d'un synclinal dont le flanc renversé complètement décollé a cheminé longuement, abandonnant très loin la charnière brisée comme le montre la fig. 3 (texte). La série siluro-dévonienne s'est ensuite décollée à son tour et a glissé sur le Dinantien, de sorte que le flanc du synclinal primitif formant nappe, s'est décomposé en deux nappes secondaires ; ainsi s'expliquent les étirements considérables qui suppriment des séries énormes de terrains. Ces conditions sont générales dans toute la feuille de Thanh-ba sur la partie nord de Van-yên. Les coupes de la planche en couleur numérotées 1 à 4 montrent cela. Je n'insiste pas à présent sur le fait que des plis postérieurs, ceux là même dont nous avons étudié les directrices dans les chapitres précédents, affectent ces nappes, que j'étudie en elles-mêmes. Donc, en allant de l'E. à l'O. dans tout le secteur au N.-E. de Van-yên on observe une série ordovicienne, gothlandienne et dévonienne chevauchant le Dinantien qui apparaît par des fenêtres d'érosion.

Sur la bordure du Phu-yên plonge vers l'E. sous la lame dinantienne une épaisse lame de mylonites de gabbros, diabases, périclites, écrasés. Nous trouverons désormais cette lame de mylonites toujours dans cette position, entre les terrains paléozoïques et les terrains triasiques, mais son épaisseur est très variable suivant le degré de laminage.

Sous les mylonites plongent à l'E. du Phu-yên les terrains triasiques, avec des laminages amenant le contact entre les étages différents du Trias. Nous allons examiner cette zone de contact.

Une coupe par Lang-chiêt montre d'abord du Gothlandien pendant à l'E. et chevauchant la lame dinantienne très réduite ici ; puis la lame de mylonite plonge sous le Dinantien, très épaisse ; les lames de gabbro écrasé donnent l'impression d'une série sédimentaire au premier abord, mais on y remarque vite de longs plans de discontinuité se recoupant dans des directions angulaires variées, poussant les unes sur les autres de grosses écailles de mylonites. Sous ces mylonites plonge, avec un pendage N.-E., du Trias inférieur gréseux qui chevauche lui-même une large bande de Trias moyen calcaire formé d'écailles écrasées, poussées l'une sur l'autre. Un peu au N. de cette coupe, dans la région de Ban-ban, le Trias inférieur est complètement supprimé et les mylonites de gabbros et de périclites reposent directement sur les calcaires du Trias moyen très écrasés.

Nous avons donc vérifié avec certitude la présence de plans de discontinuité importants ; entre les terrains paléozoïques d'une part et les mylonites de roches basiques, entre les mylonites et la série triasique d'autre part. Nous allons montrer que ces plans de discontinuité ont une étendue géographique considérable et que nous sommes fondés à considérer entre eux trois nappes superposées : la nappe des terrains paléozoïques, celle des mylonites de roches vertes parfois accompagnée d'Infralias et au-dessous celle des terrains triasiques. Nous appellerons I la nappe de Trias inférieure, II la nappe de mylonites de roches vertes et de Lias, III la nappe formée par les terrains paléozoïques.

Le plan de charriage qui limite la nappe III des terrains paléozoïques et des mylonites éruptives se dirige au sud de la coupe de Lang-chiét vers le S. sa trace court le long du massif du Nui-dac. Au S. du Phu-yên une coupe menée par Lang-pap et le village man de Ban-hom montre comme d'habitude le Gothlandien poussé sur le Dinantien de Souéi-bon, mais entre les mylonites et le Trias s'intercale une masse épaisse de Rhétien formé de grès rouges et de marnes qui s'étire au N.-N.-O. de Nui-lac et se développe au contraire au S. Par contre, les mylonites se laminent de plus en plus et disparaissent entre le Rhétien et le Dinantien du Nui-dac au N.-E. de Nui-lac. La carte montre à l'E. de cette zone la dépression du Phu-yên entourée de Trias qui forme une longue bande serrée entre deux failles de chevauchement ; à l'E., cette bande offre le flanc renversé d'un pli synclinal dans lequel comme le montre la coupe fig. 2 de la planche III le Trias inférieur chevauche le Trias moyen calcaire transformé en mylonites. A l'O. de la bande des calcaires reparait le Trias inférieur en anticlinal, puis reparait le calcaire du Trias moyen qui s'étire complètement à l'O. du Pou-tou-ha. Le Ladinien et le Carnien à *Tropites* apparaissent ensuite à l'O. du Souéi-toc ; la vallée du Souéi-toc se montre comme une longue fenêtre sous laquelle le Trias apparaît. Dans cette fenêtre, entre l'issue méridionale de la plaine alluvionnaire du Phu-yên et Van-yên les différents horizons triasiques s'étirent successivement à l'O. contre un plan de chevauchement ; le Trias supérieur s'étire comme le montre la carte, puis le Trias moyen près de Lang-muong, contre la grande masse des mylonites du Nui-tông-tat entre le Souéi-toc et la Rivière Noire, de façon que le Trias supérieur vient à son tour buter contre la masse des mylonites.

Ainsi la masse triasique qui forme sur la carte une bande presque N.-S. du Phu-yên à Van-yên offre la structure suivante : un anticlinal de Trias inférieur forme le Pou-tou-ha ; cet anticlinal porte sur ses flancs du Trias moyen, puis du Trias supérieur à l'O. Ces divers éléments et le Trias inférieur du noyau de l'anticlinal viennent tour à tour se laminer et s'écraser contre les mylonites du Nui-tông-tat au N.-O. de Van-yên. Sur son flanc est les calcaires se reploient en un synclinal renversé, écrasé, où la roche est transformée généralement en écaïles de brèches irrégulières poussées les unes sur les autres (de beaux exemples se voient à l'entrée même des gorges du Souéi-toc) : le Trias inférieur chevauche à son tour le Trias moyen et sur lui, passe la nappe II de mylonites et de Rhétien ; comme les bandes du noyau de l'anticlinal, ces divers éléments viennent s'écraser contre la grande masse des mylonites du Nui-tông-tat, du Pou-luong et du Nui-mat-vork. Ces mylonites sont ainsi limitées par un long plan de charriage qui jalonne la vallée du Souéi-toc jusqu'à Van-yên où il recoupe la Rivière Noire. Les mylonites éruptives forment ainsi une grande carapace recouvrant complètement l'anticlinal triasique et le synclinal couché et disloqué formant nappe à l'E. de la vallée du Souéi-toc et elle plonge, cette carapace, de part et d'autre de la vallée. Elle est passée sur le Trias en l'écrasant, écrasée elle-même ainsi que le Rhétien qui l'accompagne par endroits par la nappe III de terrains paléozoïques. La vallée du Souéi-toc concorde donc avec une grande ligne de dislocation le long de laquelle les termes successifs du Trias extrêmement épais viennent s'étirer l'un après l'autre. Le degré d'écrasement des calcaires anisiens est généralement très grand dans la vallée du Souéi-toc : la structure bréchoïde y est nette avec des dimensions variables ; ce sont tantôt de très gros fragments anguleux entourés par de plus petits fragments, tantôt la roche est composée uniquement de très petits fragments juxtaposés. La coupe fig. 33 montre une section passant par la vallée du Souéi-toc à la hauteur de Souéi-boung.

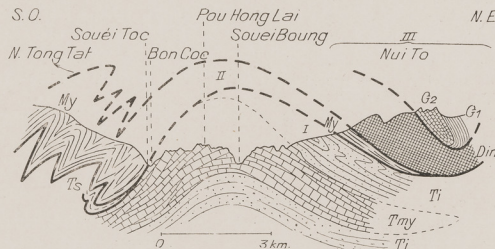


Fig. 33. — Coupe passant par la vallée de Souéi-toc entre le Nui-to et Nui-tông-tat.
Nappe III : Din. Dinantien. — G₁ Gothlandien inférieur. — G₂ Gothlandien calcaire à *Favosites gothlandica*. — Nappe II : My. Mylonites éruptives.
Nappe I : T₁ Trias inférieur et base du Trias moyen. — T₂ Trias moyen calcaire écrasé (mylonites calcaires). — T₃ Carnien schistes à *Tropites*.

La masse des mylonites de la Rivière Noire, du Nui-tông-tat et du Nui-mat-vork dont j'ai ailleurs esquissé la tenue topographique appartient à la nappe II. Elle est le prolongement direct des mylonites qui, à l'E. du Souéi-toc, s'enfoncent sous les terrains paléozoïques. C'est la plus belle série de roches écrasées qui se puisse rencontrer. J'ai montré plus haut que l'on y trouve tous les passages depuis les gabbros très froissés jusqu'aux schistes verts du type de Van-say. L'observation de ces formations est facile, car la Rivière Noire s'y est creusé son énorme canyon.

Cette masse de mylonites est, comme le montre, la fig. 3 de la planche III, puissamment refoulée en plis aigus, nombreux et voisins de la verticale; j'ai indiqué plus haut que dans la région de Mo-ha, elle se lamine et disparaît pour reparaitre plus au S.-E. dans la région de Su-yut où nous la retrouverons.

La carte montre une grande lame de Trias écrasé, pincée dans les mylonites du Nui Tong-tat. Cette lame comporte des calcaires anisiens et des schistes marneux ladinien; les calcaires ne sont plus qu'une fine brèche d'écrasement et les schistes marneux sont transformés en plaques dures, luisantes très fissiles, se brisant en parallépipèdes. Longue de 10 km. environ, cette lame recoupe les ravins qui descendent à la Rivière Noire et sa trace apparaît sur leur flanc comme un grand dyke vertical rectiligne.

Le contact entre ces mylonites et la région du Mòc-châu se fait par une zone de bandes écrasées de Trias moyen et de Trias supérieur que chevauchent les mylonites. La carte montre comment ces terrains se laminent successivement contre les mylonites. De Van-say à Muong-lum, on recoupe une bonne série qui montre toutes les roches, laminées, écrasées, les schistes ladinien présentant de grandes Daonelles déformées, émitées, avec tous les pendages vers le N.-E. c'est-à-dire vers les mylonites éruptives; puis on passe sur les plis enracinés du Mòc-châu. Les coupes 3 et 4 de la planche III montrent comment s'établit ce contact. Cette coupe ainsi que les coupes 1 et 2 résumant la tectonique de toute cette région au N. et au N.-E. de Van-yên et à l'O. de Van-yên (région de Van-say).

Ainsi dans cet ensemble nous voyons d'abord la série des terrains antérieurs au Carbonifère formant une première nappe mésozoïque chevauchant une grande lame dinantienne plissée avec eux. Cet ensemble forme notre grande nappe supérieure III sur laquelle en arrière est poussé le cristallophylien d'entre Fleuve Rouge et Rivière Noire. Par l'intermédiaire de notre plan P_3 la nappe III chevauche largement les mylonites éruptives et le Rhétien qui les accompagne et qui forment la nappe II laquelle par l'intermédiaire du plan de charriage P_2 chevauche une nappe de Trias dans laquelle les mylonites calcaires jouent un grand rôle (vallée du Souéi-toc); le plan P_2 se décompose au voisinage du Mòc-châu en plans secondaires. Le plan de charriage P_1 fait reposer l'ensemble de toute cette zone de charriages sur les plis autochtones du Mòc qui ont été violemment comprimés par ces phénomènes et où les déformations lithologiques dues à cette compression sont abondantes.

Voyons ce que deviennent vers le S.-E. les nappes indiquées ci-dessus. Une coupe passant par la région d'An-miêng et Mo-ha nous l'indiquera de suite (fig. 34). La coupe montre d'abord les terrains pri-

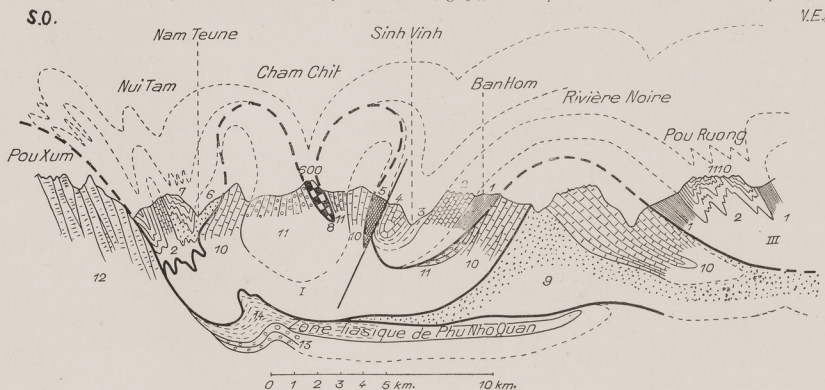


Fig. 34. — Coupe menée du Pou-ruong au Pou-xum.

Nappe III: 1 Gothlandien inférieur. — 2 Calcaires à *Favosites gothlandica*. — 3 Gothlandien supérieur. — Dévonien inférieur. — 4 Dévonien moyen. — 5, 6, 7 Dévonien supérieur. — 8 Ouralien à *Schwag. princeps* et *Prod. juresanensis*. — Nappe I: 9 Trias inférieur et base du Trias moyen gréseux et marneux. — 10 Trias moyen calcaire. — 11 Ladinien grésomarneux. — Substratum autochtone. — 12 Trias moyen calcaire enraciné.

maires plissés en plis serrés, tous couchés vers le S.-O., le pendage des couches étant uniformément dirigé vers le N.-E. avec une inclinaison de 45° environ. Sous le Pou-ruong s'enfoncent les terrains triasiques chevauchés ainsi par le Paléozoïque. Il y a ici suppression de la nappe II (mylonites éruptives, et Rhétien) et la nappe III vient directement sur le Trias ; il y a également suppression du Dinantien qui manque complètement dans cette région ; le Trias forme ensuite une voûte anticlinale dans laquelle coule la Rivière Noire entre An-mieng et Ban-giem ; dans l'axe se montrent les arkoses et les grès du Trias inférieur, sur les flancs les calcaires mylonitiques du Trias moyen, avec un peu de Ladinien sur le flanc S.-O. Mais ce Ladinien s'étire sous un retour des terrains paléozoïques et nous trouvons ensuite le beau synclinal gothlandien et dévonien du Sinh-vinh (région de Muong-thé et de Ban-hom) le Gothlandien du flanc nord est du synclinal reposant sur le Trias (Ladinien et Anisien). Le synclinal du Sinh-vinh est légèrement renversé vers le N.-E. Un nouveau pli-faïlle ramène entre le Cham-chit et le Paléozoïque le Trias formé d'abord de calcaire mylonitique anisien auquel succèdent les couches gréseuses ladinienues très épaisses à *Myophoria inaequicostata* KL. et celles à *Pomarangina cordiformis* MANSUY. Ces couches forment, comme le montre la coupe, un synclinal dont les strates sont très relevées, généralement verticales, à l'ouest duquel reviennent les calcaires mylonitiques anisiens ; mais le synclinal ladinien pince dans son milieu une lame de calcaire ouralien repley sur elle-même et contenant une riche faune de Productus et de Fusulinidés (*F. tenuissima* SCH., *F. Cayuxi* DEP., *F. multiseptata* SCH., *Schwagerina princeps* EHRB., etc.).

A l'E. repose sur les calcaires anisiens une série extrêmement plissée et disloquée de Dévonien supérieur, accompagnée de Gothlandien ; l'ensemble de cette série forme synclinal et repose à l'E. sur le Trias moyen du Cham-chit, nappe I, et à l'O. sur les plis autochtones du prolongement S.-E. du Môc.

Ainsi cette coupe offre la nappe III chevauchant largement la nappe I, puisque la première la recouvre entièrement jusqu'à la zone autochtone des plis du Môc. La nappe I forme successivement l'anticlinal de la région de An-mieng qui plonge à l'E. sous les terrains primaires du Pou-ruong, à l'O. sous ceux du synclinal de Muong-thé, et ensuite un synclinal offrant de l'Ouralien dans son axe. Il y a ici des étirements énormes, ainsi, sous le Pou-ruong, le Trias inférieur a été complètement supprimé ; à l'E. de Ban-hom, entre le Gothlandien de la nappe III et les calcaires mylonitiques du Trias moyen, il y a suppression dans la nappe III chevauchant le Trias de tous l'Ordovicien et d'une partie du Gothlandien ; dans la nappe I il y a suppression du Ladinien presque entier, du Carnien et du Norien complets et du Lias. Au Cham-chit, les conditions sont semblables, ainsi les terrains primaires sont réduits à l'Ouralien avec suppression de tous les termes paléozoïques inférieurs et, si le Ladinien apparaît entier dans la nappe I, le Carnien et les terrains supérieurs sont absents. Au Nui-tam et dans la vallée du Nam-teune, tous les termes inférieurs au Dévonien supérieur ont disparu, sauf un peu de Gothlandien calcaire à *Favosites gothlandica* et les termes triasiques sont dans la nappe I supprimés jusqu'aux calcaires mylonitiques anisiens.

Une remarque importante est à faire : la nappe II, mylonites éruptives et Rhétien a totalement disparu ici. Cette courte description suffira, je pense pour indiquer la grandeur des actions tectoniques en ce point : l'amplitude du charriage des terrains paléozoïques, de la nappe III en d'autres termes, sur la nappe I, s'étendant jusqu'au Môc, peut être évaluée à 25 km. environ.

Dans cette coupe, une autre remarque s'impose : jamais le Paléozoïque chevauchant de la nappe III, n'est écrasé, malgré ses dislocations nombreuses ; la nappe I est toujours broyée et mylonitisée, et ce fait s'observera toujours. Le Paléozoïque a bien joué le rôle de traineau écraseur.

Je ferai ici une nouvelle remarque. On a vu que je considère le Trias comme appartenant à une nappe. On pourrait objecter, en considérant seulement la coupe fig. 34, qu'il pourrait être enraciné. Je montrerai plus loin qu'il n'en est rien, car vers le S.-E. une zone de terrains rhétiens liasique va se dégager peu à peu de dessous ces terrains triasiques.

La carte géologique au 1 : 200.000 montre comment vers le N. O. l'érosion a fait disparaître les terrains primaires charriés sur le Môc. Elle montre aussi comment le Rhétien et les mylonites éruptives de la nappe II se laminent l'un près de Bô-muong, les autres près de Souéi-bang. On voit également que le Trias de la nappe I apparaît entre Ban-giem et le Son-dao dans une longue fenêtre d'érosion limitée de toutes parts par le Paléozoïque.

Examinons maintenant ce que devient cet ensemble vers le S.-E. Dans la région de Su-yut, le Paléozoïque chevauche encore largement les terrains précédents ; la limite de la nappe III se lit nettement sur la

carte. Près de Tam-ghat les couches ladinienes de la nappe I viennent s'enfourer sous le Gothlandien au N.-E. ; au S.-O. elles s'enfoncent sous les mylonites éruptives qui reparassent au N. du Nui-phu-hao ; celles-ci prennent rapidement un développement énorme dans le Nui-nhun ; la nappe II interrompue à la hauteur de la coupe d'An-miêng à Mo-ha reprend une grande extension et une coupe passant par Su-yut et le Pou-si-ling montre la section représentée fig. 35. On voit le Gothlandien plongeant vers le N.-N.-E. et formant la bordure de la région paléozoïque (nappe III). Dessous, comme on l'observe avec la plus grande facilité à 1 km. de Su-yut au bord de la Rivière Noire, les mylonites éruptives plongent largement sous le Gothlandien ; on observe cette superposition sur les deux rives de la Rivière, sur plus de 200 m. de longueur ; depuis le plan de charriage qui limite en ce point les mylonites jusqu'à l'autre plan qui les borne au Sud ; on voit dans la coupe figure 35 comment, grâce aux plis qui affectent les nappes, le subs-

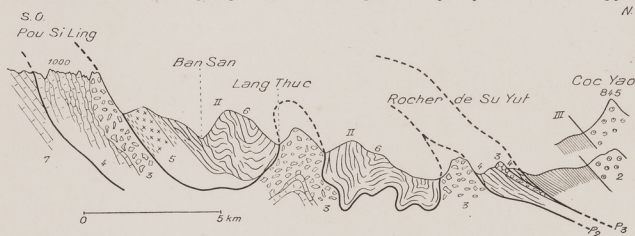


Fig. 35. — Coupe de Su-yut au Pou-si-ling.

Nappe III : 1 OrdoVICIEN et Gothlandien inférieur. — 2 Calcaires gothlandiens à *Favosites gothlandica*. — Nappe II : 5 Rhétien-Lias gréseux. — 6 Mylonites de gabbros et de péridotites. — Nappe I : 3 Brèches mylonitiques calcaires. — 4 Calcaires ansiens laminés. — Substratum autochtone : 7 Calcaires enracinés ansiens.

stratum de mylonites calcaires de la nappe I apparaît à travers la couverture de mylonites éruptives et de Rhétien et Infralias de la nappe II ; à l'O. la nappe I vient s'appuyer sur les calcaires ansiens en place du Pou-si-ling ; un peu au N.-O. de cette coupe, les terrains paléozoïques charriés sur le Trias de la nappe II finissent en mince lame entre les mylonites et le substratum des plis autochtones. Dans toute cette région du Nui-nhun, entre Su-yut et les cantons de Mai-thuong et de Bao-la, on observe les plus beaux exemples de mylonites éruptives dans la nappe II et de brèches mylonitiques calcaires dans la nappe I. La carte montre comment le Rhétien apparaît dans la nappe II et se lamine rapidement à droite et à gauche entre les mylonites éruptives et les brèches calcaires mylonitiques.

A partir d'ici, l'ensemble des plis paléozoïques de la nappe III s'infléchit entre Su-yut et Cho-bo, comme cela a été déjà indiqué, en prenant une direction O.-E. Nous abordons là un des points les plus intéressants de toute cette partie de la région de la Rivière Noire, car on y relève autant de coupes nettes et explicites que l'on veut : la Rivière recoupe plusieurs fois le contact de la région paléozoïque et des nappes II et I et les superpositions anormales se suivent d'une façon admirable dans les canyons.

Je décrirai d'abord une coupe passant par la Rivière Noire et Souéi-yut (fig. 36). Toutes les cou-

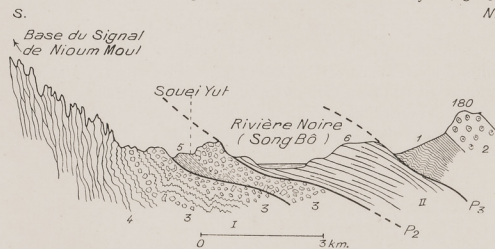


Fig. 36. — Coupe par Souéi-yut.

Nappe III : 1 OrdoVICIEN et Gothlandien inférieur. — 9 Calcaires à *Favosites gothlandica*. — Nappe II : Mylonites de roches basiques. — Nappe I : 3 et 4 Brèches et calcaires laminés ansiens. — 5 Trias supérieur.

ches plongent dans le même sens, c'est-à-dire vers le N., car ici, nous sommes au point extrême d'incurvation de la grande boucle dessinée par les plis. Au N. de la Rivière, on observe d'abord une série paléozoïque formée au sommet de calcaires à *Favosites gothlandica* sous lesquels plongent normalement les marnes, schistes et calcschistes de la série de Ban-hom, avec un peu d'Ordovicien à la base. Ces couches sont, à la partie inférieure, très tourmentées, plissotées, cassées, empilées souvent en amas incohérents, *mais jamais elles se sont transformées en brèches mylonitiques*. Sous cette série paléozoïque plonge une épaisse masse de mylonites éruptives, magnifique empiement de roches basiques écrasées, bien visibles sur les deux bords de la Rivière Noire (fig. 36).

Sur la rive droite de la Rivière un torrent ayant creusé un profond ravin transversalement à la direction des couches permet de compléter la coupe d'une façon absolument satisfaisante : entre la Rivière et le village de Souéi-yut (1) on voit la superposition des mylonites éruptives aux superbes brèches de calcaires anisiens sur plus de 200 m. de longueur, puis, plongeant sous les brèches et complètement recouvert par elles, apparaît un peu de Trias supérieur grése-marneux à *Lina striata* et *Pecten subdemissus*, appartenant au passage du Ladinien au Carnien ; ces couches forment même un petit anticlinal sous les mylonites calcaires près du village ; elles se laminent rapidement au S. à 100 m. de Souéi-yut et au-dessous d'elles reparassent les brèches calcaires ; la nappe I offre ici un écaillage dans lequel a été entraîné un peu de Trias supérieur. Au sud, tout le Nioum-moul est formé de mylonites entremêlées de lames de calcaires aplatis, laminés en calcschistes plissotés à surfaces écailleuses et luisantes. Vers la partie supérieure du Nioum-moul les strates deviennent de plus en plus verticales. Cette coupe nous a montré la continuation des nappes dont nous avons établi l'existence au N.-O. dans la région de Van-yên et dans celle d'An-miêng et de Mo-ha. D'autres aussi probantes peuvent être relevées dans toute cette région ; je les donnerai et les décrirai, car les problèmes tectoniques de cette importance me paraissent devoir être étudiés avec le maximum de garanties et de preuves.

Une autre coupe dirigée N.-S. passant un peu en amont de Cho-bo et par le Nui-cu (fig. 37) montre

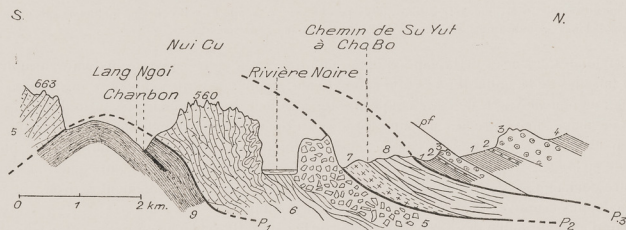


FIG. 37. — Coupe par Lang-ngoï.

Nappe III : 1 Gothlandien inférieur (marnes et calcschistes). — 2 Labradorite. — 3 Calcaire à *Favosites gothlandica*. — 4 Calcaire noir à *Favosites Troostii*. — Nappe II : 7 Rhétien gréseux rouge. — 8 Mylonites de roches basiques. — Nappe I : Anisien ; 5 et 6 brèches d'écrasement et calcschistes. — Substratum autochtone : 9 Rhétien-Lias marno-calcaire et marno-gréseux.

d'abord au N., les terrains paléozoïques plongeant avec une faible inclinaison vers le nord et formés de deux écailles dans lesquelles se répètent les étages gothlandiens. Sous ces terrains formant la nappe III s'enfoncent les mylonites éruptives encore très épaisses ici et surmontant du Rhétien formés de grès accompagnés de tufs orthophyriques ; cette série, formant la nappe II, chevauche un peu au S. du chemin de Su-yut à Cho-bo la masse des mylonites calcaires dans lesquelles la Rivière Noire s'est frayé un canyon magnifique, aux parois verticales s'enfonçant comme un mur dans l'eau profonde de dix à quinze mètres

(1) Ne pas confondre avec Su-yut, un peu en amont et dont nous avons parlé plus haut.

aux eaux basses; les contournements prodigieux des lames calcaires écrasées, perdues au milieu des énormes amandes de brèches, forment pour le géologue un point particulièrement attrayant de cette vallée, en dehors de la majesté sauvage des défilés. Au S. des rochers du Nui-cu qui surplombent au S. le canyon on trouve la grande fenêtre de Lang-ngoi dans laquelle *sous les mylonites calcaires* apparaît le Rhétien à charbon avec ses beaux gisements fossilifères à végétaux et à fossiles animaux (espèces dominantes : *Modiola Frugi* M. HEALY, *Datta oscillaris* M. HEALY, *Cypricardia choboensis* MANSUY, *C. Garandi* MANSUY, *Leda perlonga* MANSUY). Comme le montre la coupe, les couches rhétiennes forment une voûte anticlinale qui, de part et d'autre plonge sous les brèches de calcaire anisien. *Ce Rhétien est en place*, il appartient à la zone autochtone, nous allons le voir se dégager de plus en plus des nappes I et II au sud-est dans la vallée du Sông-cai. Cette coupe apparaît comme la continuation directe et la confirmation de la coupe 36.

La coupe fig. 38 continue la précédente à l'est. Elle est menée de Mo-né à la fenêtre rhétienne de

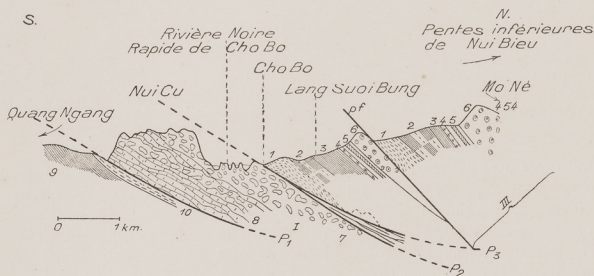


Fig. 38. — Coupe par Mỏ Nè et par Cho-bô.

Nappe III : 1 Ordozien marneux à *Orthis testudinaria*. — 2 Gothlandien marneux et schisteux à *Poleumita asiatica*. — 3 Calcschistes, grès et marnes à *Modiomorpha brevis*. — 4 Labradorite. — 5 Calcaire noir à *Rhynch. protracta*. — 6 Calcaire à *Favosites gothlandica*. — Nappe I : Anisien : masse de brèches calcaires 7 et calcaires laminés à la partie inférieure 8 (série des mylonites calcaires de Cho-bô). — Substratum autochtone : 9 Calcschistes marneux et marnes charbonneuses à *Modiola Frugi* et *Cypricardia Garandi*. — 10 Grès rougeâtres grossiers avec tufs trachytandésitiques.

Lang-ngoi par Lang-souéi-bung et Cho-bô. Au N., les pentes du Núi-biêu jusqu'à la Rivière Noire offrent deux belles écaïles d'Ordovicien et de Gothlandien se répétant en série normale, l'Ordovicien de l'écaïlle supérieure reposant sur le Gothlandien calcaire à *Favosites* de la première. A Cho-bô même, l'Ordovicien formé de schistes rosés ou jaunes par altération, bleus ou durs quand ils sont frais, et contenant la faune à *Streptorhynchus sarmentosus*, repose sur la masse des mylonites calcaires qui forment le barrage de Cho-bô. Le tout plonge vers le N. et la superposition de la nappe III à la nappe II apparaît encore ici clairement; le long du barrage le contact est tout à fait instructif; sur d'énormes surfaces, aux eaux basses, les roches polies montrent tous les types possibles de structure dans la brèche; j'en ai figuré un exemple (fig. 1, pl. I). Sur la rive de Cho-bô, on voit sur la surface irrégulièrement bossuée de la brèche, reposer les schistes paléozoïques extraordinairement contournés et brisés; cette localité de Cho-bô offre un intérêt particulier par les facilités offertes à l'observateur dans l'étude des brèches et du contact des nappes III et I. Franchissant la barre du Núi-cú, nous retrouverons derrière dans la dépression entourée de calcaires de Lang-ngoi et de Quàng-ngang, les sédiments rhétiens à charbon plongeant en discordance tectonique *sous* les mylonites calcaires du Núi-cú et du barrage de Cho-bô. Il y a ici laminage complet des mylonites éruptives entre les nappes III et I.

La figure 39 montre une coupe prise un peu à l'E. de la précédente ; le Paléozoïque y forme une série

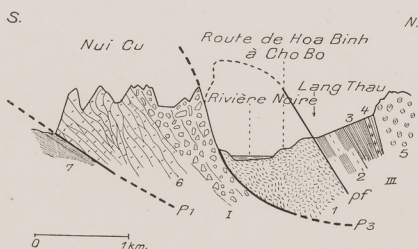


FIG. 39. — Coupe par Lang-thâu et le Nui-cu.
Nappe III : 1 Ordovicien schisto-marneux. — Gothlandien : 2 Marnes roses à *P. asiatica*. — 3 Calcschistes et grès à *Modiomorpha brevis*. — 4 Labradorite. — 5 Calcaire à *Favosites gothlandica*. — Nappe I : 6 Brèches mylonitiques calcaires anisiennes. — Substratum autochtone : 7 Rhétien-Lias.

allant de l'Ordovicien aux calcaires à *Favosites gothlandica*. L'Ordovicien qui forme la base de la nappe III y est extrêmement disloqué ; la Rivière Noire permet sur ses bords des études particulièrement claires et on peut voir sur plusieurs kilomètres de longueur, au contact du Paléozoïque et de la nappe I l'Ordovicien transformé en une masse de paquets incohérents de schistes luisants, fissiles. Cette masse vient buter contre les mylonites calcaires du prolongement est du Nui-cu formant la nappe I qui repose au S. sur les schistes et calcschistes rhétiens houillers.

La figure 40 va nous montrer des faits analogues, avec réapparition de la nappe II, entre III et I.

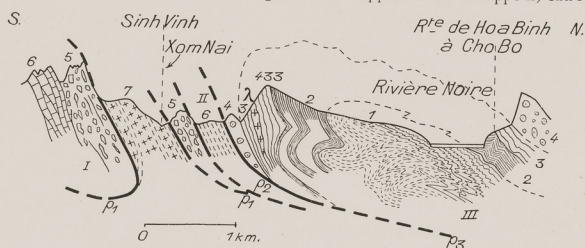


FIG. 40 — Nappe III : 1 Ordovicien schisto-marneux. — 2 Marnes gothlandiennes. — 3 Calcschistes gothlandiens. — 4 Calcaires à *Favosites gothlandica*. — Nappe II : 6 Rhétien. — Nappe I : 5 et 6 Mylonites et calcaires laminaires anisiens. — Substratum enraciné : 7 Lias formé de grès rouges et de roches éruptives trachytandésitiques et porphyritiques.

Les terrains paléozoïques de la nappe III forment un vaste pli couché offrant d'intenses dislocations comme le montre la figure 40 et des contournements invraisemblables dans le détail. De la Rivière Noire à Xom-nai on relève une coupe intéressante, avec nombreux fossiles. Ceci est un fait à souligner : dans la nappe III qui a servi de masse écrasante, les terrains sont contournés à l'excès, fréquemment brisés en amas de paquets incohérents, mais, dans chacun de ces paquets, les fossiles bien que déformés sont nombreux, conservés et déterminables. Au contraire dans la nappe II et la nappe I l'écrasement de toutes les formations, même des calcaires durs et compacts, est la règle. — Au contact des terrains paléozoïques et

de la nappe II les calcaires à *Favosites gothlandica* ont été cassés, émiettés, et on les trouve en klippes amygdaloïdes jalonnant le contact et formant des ressauts boisés que l'œil peut suivre sur une grande longueur, notamment près de Luong-than. A l'O. vers Lang-tu, les schistes réapparaissent entre la nappe II et les calcaires. — La nappe II formée ici de Rhétien et de Lias avec formation de tufs trachytandésitiques intercalés (tufs orthophyriques) plonge sous les terrains gothlandiens; la vallée du Sinh-vinh occupe des formations gréseuses sculptées en mouvements élevés, mais arrondis et doux. Au S. se dresse l'énorme falaise du Da-chan, formée de pitons et de cirques hérissés d'aiguilles, difficilement accessible et formée de mylonites calcaires plongeant sous un angle ici très voisin de la verticale sous les formations rhétiennes des plis autochtones renversées vers le S. Cette coupe n'offre pas ici les mylonites éruptives.

Pour terminer avec l'étude de ces contacts des nappes au S. de la boucle de la Rivière Noire, je décrirai encore la coupe fig. 41 passant par Lang-trai, Lang-than et le Da-chan. Comme la précédente, elle

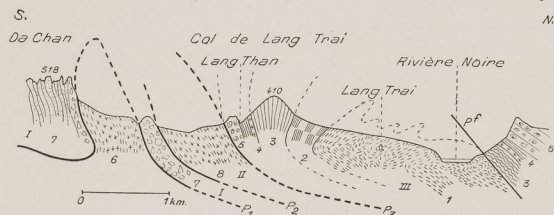


FIG. 41. — Nappe III : 1 Ordovicien schisto-marneux. — 2 Marnes inférieures gothlandiennes (Etage de Ban-hom). — 3 Calcschistes et marnes à *Modiomorpha brevis*. — 4 Labradorite. — 5 Calcaire à *Favosites*. — Nappe II : 8 Lias, grès rouges et roches éruptives. — Nappe I : Brèches mylonitiques calcaires anisiennes. — Substratum enraciné : 6 Lias gréseux rouge.

nous montre la série paléozoïque formant un énorme pli couché affecté de repliements secondaires intenses, charriée sur les formations liasiques de la nappe II. Celle-ci repose sur une lame de mylonites calcaires qui se rattachent à celles du Da-chan en formant un anticlinal aigu dans l'axe duquel réapparaissent les formations liasiques, mais enracinées et formant le commencement de la zone du Song-cai.

Avant d'aborder celle-ci, je continuerai l'étude du contact de la nappe de terrains paléozoïques et des nappes II et III. Pour cela il faut remonter avec le cours de la Rivière Noire vers le nord, car ce contact correspond à peu près à la boucle. Dans la région de Hoa-binh la coupe de Tu-ly à la Rivière, que j'ai donnée plus haut (fig. 6), montre le plongement de la nappe II formée de terrains rhétiens et liasiques sous le Paléozoïque, en écailles, le tout plongeant maintenant vers l'O.-N.-O. La carte géologique au 1 : 200.000 montre comment le Rhétien dans la région de Hoa-binh et de Thuong-lam, se dégage peu à peu par l'effet de l'érosion qui a enlevé la couverture des écailles paléozoïques, de la nappe III. Elle montre aussi comment les mylonites calcaires de la nappe I sont tantôt laminées et réduites à une mince bande comme entre Roc-khoi et Xom-tha, tantôt au contraire élargies en une grosse masse irrégulière comme cela se présente entre Mong-hoa et Vinh-dong. Les contacts de la nappe II et les mylonites de la nappe I sont bien nets partout, près de Roc-khoi, Da-thieu, Giai-ca ; près de Lang-lo, les mylonites se laminent tellement que leur bande offre une largeur de 10 m. à peine; elles restent très minces dans l'arête du Nui-san (figs. 42 et 43).

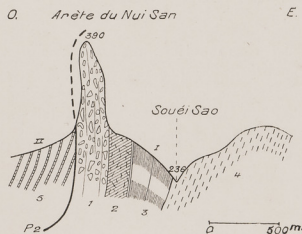


FIG. 42. — Arête du Nui-san.

Nappe II : 5 Calcschistes lie-de-vin du Lias supérieur. — Nappe I : 1 Brèche de calcaire anisien. — 2 Marnes dures et grès quartziteux. — 3 Marnes et schistes marneux ladinien comprimés. — 4 Schistes et marnes roses et bleutés carniens.

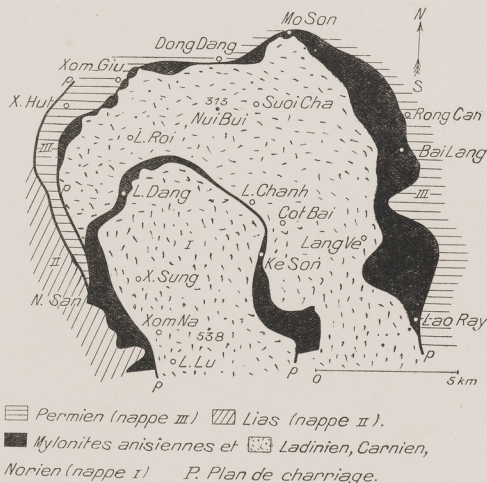


FIG. 43 — Figure montrant l'allure disloquée des bandes de mylonites calcaires de la nappe II au N.-E. de Hoa-binh.

Au N. et au N.-O. de Hoa-binh, la structure se complique beaucoup, la nappe I, comme nous le verrons plus loin, se charge de termes triasiques autres que les calcaires anisiens écrasés. La nappe II se dégage de plus en plus vers le N. de la région paléozoïque et forme de grandes écaillés à pendage O. ou N.-O. qui se dessinent sur la carte géologique. Au Nui-ba-vi, les mylonites éruptives se dégagent largement de la couverture paléozoïque dans les conditions montrées par la figure 44. Les mylonites de gabbros et

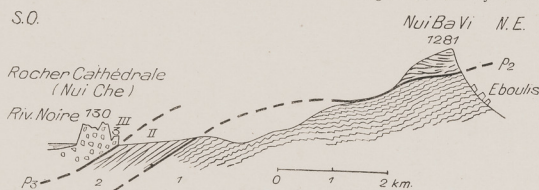


FIG. 44. — Coupe passant par le Nui-che et le Nui-ba-vi.
Nappe III : 3 Quartzites ordoviciens et brèche de quartzite du Nui-che (Rocher Notre-Dame ou Cathédrale). — Nappe II : 2 Mylonites de roches basiques très laminées. — 1 Rhétien. — Lias.

de diabases forment là une série schisteuse rappelant étonnamment au premier abord une série sédimentaire ; elles sont chevauchées par une brèche de quartzites ordoviciens et chevauchent elles-mêmes du Lias formé de quartzites jaunes, de grès et de schistes marneux probablement compris entre l'Hettangien et le Sinémurien et peut être les étages du Lias supérieur ; ces terrains sont complètement plissotés et gaurés ; rien n'est plus instructif que de voir ces longs pendages réguliers, donnant absolument l'impression de séries tranquilles, à peine plissées et se montrant à un examen plus minutieux comme des roches broyées et laminées ou comme des schistes plissotés à l'infini.

Sous les nappes du Ba-vi, apparaît, entre cette chaîne et le Nui-nam, du Trias supérieur appartenant à la nappe I et plissé en arc à convexité tournée vers le N. ; la structure est simple, tous les pendages sont orientés au N. Au S. de cet arc se déploie celui du Nui-vien-nam formé de Rhétien et de Lias en place, mais formant un pli fortement renversé vers le sud, chevauchant largement une grande lame, repliée en synclinal, de schistes marneux et de grès permien du facies des grès de Hongay, pincé en synclinal écrasé sous le pli enraciné du Nui-vien-nam.

Au S. se développe la série d'arcs plissés que j'ai mentionnée dans la description des plis de bordure du Delta. Il serait fastidieux d'y revenir en détail. Ces arcs forment une série d'écaillés plongeant au N. et venant, comme le montre la carte, s'étirer successivement près du Nui-san sous les sédiments liasiques de la nappe II qui chevauche ainsi en ce point la nappe I.

J'ai déjà fait voir que, dans ces écaillés, les mylonites calcaires s'étirent parfois complètement ou s'émiettent de façon curieuse. Ainsi, dans l'arc le plus septentrional, les mylonites qui disparaissent complètement au N. du Nui-san et reparaissent au S. de X. Hut et se prolongent jusqu'à Lao-ray en formant un vaste demi-cercle. Sur la carte, étant donné l'échelle trop petite, on a figuré ces calcaires comme formant une bande continue. En réalité ils se présentent en certains points en chapelet formant des blocs, des klippes isolées (fig. 43). La coupe fig. 45 montre la superposition de la nappe II formée de Lias à l'est de

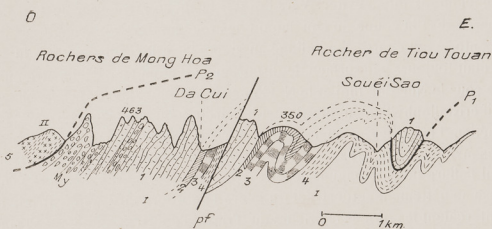


FIG. 45. — Coupe à l'E. de Hoa-binh.

Nappe II : 5 Rhétien et Lias gréseux avec tufs trachytandésitiques. — Nappe I : 1 Mylonites de calcaires anisiens My et calcaires. — 2 Marnes à *Proarcestes Balfouri*. — 3 Ladinien à *Daonelles* et *Rimkinites*. — 4 Marnes carniennes roses.

Hoa-binh à la nappe I triasique dans laquelle les mylonites calcaires surmontent en série renversée le Trias supérieur. La figure 46 montre au N. de la nappe de Lang-sang un point particulier offrant le détail

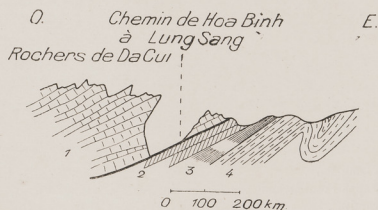


FIG. 46. — Coupe au N. de la gorge de Lang-sang. Trias en série renversée de la nappe I.

1 Calcaire anisien. — 2 Marnes grises à *Proarcestes Balfouri*. — 3 Schistes marneux à *Daonelles* et *Pr. Archelaüs* et schistes marneux à *Rimkinites tonkinensis* et *Protrachyceras Villanova*. — 4 Carnien à *Tropites*, schistes roses marneux.

des couches et les calcaires anisiens qui reposent sur le Ladinien à *Rimkinites tonkinensis* et *Protrachyceras Villanova*.

Je dois maintenant, pour achever l'étude des charriages, examiner dans quelles conditions ils se présentent plus au S., dans la zone des plis parallèles orientés vers le S.-E. longeant le Delta, et dans la zone du Song-cai. En décrivant ces plis j'ai déjà montré la généralité de la superposition des brèches mylonitiques calcaires aux sédiments rhétiens et liasiques de cette région, et leur passage sous les terrains cristallophylliens du Nui-côt-ca et du Nui-doi-thoi. Je n'y reviendrai que pour préciser la question ; je me bornerai à donner quelques coupes typiques qui suffiront, sans renouveler des descriptions locales qui n'ajouteraient aucun intérêt.

J'ai montré que sur toute la bordure du prolongement sud-ouest du Moc, c'est-à-dire sous la grande chaîne calcaire d'entre le Song-cai et le Song-ma, les terrains rhétiens enracinés s'enfoncent sur plus de 80 km. de long avec une régularité absolue. Je répète, ce que j'ai déjà dit, que le contact de ces calcaires qui sont triasiques, avec les dépôts rhético-liasiques se fait par l'intermédiaire d'énormes masses de mylonites calcaires ; j'ai fait voir qu'au S. de Cho-bo ces calcaires vers l'E. reposent constamment sur les mêmes dépôts et qu'en certains points (Da-chan, Nui-chan), la continuité des mylonites est complète, les terrains rhético-liasiques enracinés n'apparaissant au jour que par des fenêtres d'érosion ; la notion de charriages est donc ici impossible à éviter. Vers l'E. des lambeaux posés sur le Lias montrent l'extension lointaine de ces charriages ; la coupe du Doi-lao ou des rochers de Nuoc-bung, que j'ai donnée dans la figure 26 sont probantes à cet égard. J'ai indiqué aussi que la surface de contact du Rhétien-Lias plissé avec les mylonites était toujours une surface de discordance tectonique. J'ai montré qu'à l'est la zone du Song-cai s'enfonce sous le Nui-doi-thoi et le N. Côt-ca cristallophylliens avec laminage du Trias moyen.

Entre le massif cristallophyllien en question et la bordure du Delta on observe toujours les mêmes dispositions ; le Rhétien-Lias forme, comme je l'ai montré, des couloirs, longues fenêtres d'érosion à travers la masse des mylonites calcaires pincées en synclinal dans le substratum des plis enracinés. J'ai décrit déjà en détail l'allure de ces longues fenêtres de Ben-qué à Cho-cay, de Yên-doi, de Lang-vo. La coupe fig. 22 résume nettement cette structure. Vers la bordure du Delta, entre le Rhétien autochtone et les mylonites s'intercalent les termes inférieurs du Trias, d'abord la série de Quan-moc (calcaires à plaquettes de quartzites) et ensuite du Trias inférieur qui apparaît près de Coc-thon dans une boutonnière anticlinale. Ces plis de bordure extrêmes qui longent le Delta paraissent montrer le commencement d'un enracinement de la nappe I, enracinement qui se poursuit sous les alluvions du Delta.

A l'ouest, cette zone de plis autoctones va disparaître, avec la nappe I des mylonites calcaires, sous la série cristallophyllienne du Nui-côt-ca et du Nui-doi-thoi. Je donnerai deux coupes très nettes à cet égard. La première passe par la bordure orientale du massif cristallophyllien (fig. 47) dont les couches

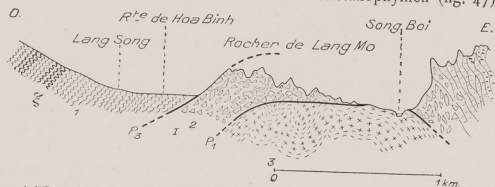


Fig. 47. — Coupe à l'E. de Lang-sang.

3 Gneiss et quartzites. — Nappe 1 : 2 Mylonites calcaires du Trias moyen. — Substratum enraciné : 3 Rhétien-Lias gréseux et marneux avec roches éruptives.

plongent vers le S.-O. Dessous, à l'est de Lang-sang les mylonites calcaires de la nappe I plongent à leur tour sous les terrains cristallophylliens, comme on peut le voir au rocher de Lang-mo ; de l'autre côté du Song-bôi, à l'E. les mylonites reparaissent dans les hauts rochers qui bordent la Rivière ; les plis autoctones du Rhétien Lias sont bien visibles sous le rocher de Lang-mô et dans le ravin du Song-bôi, visiblement recouverts par la nappe I.

Tout le long de la bordure E. du massif cristallophyllien on observe des faits semblables. La coupe de Lang-vo aux rochers de Lang-bai montre : la série cristallophyllienne pendant toujours au S.-O. ; les mylonites calcaires s'enfonçant dessous comme on le voit notamment dans la belle coupe des rochers de Tuam-ti ; les mylonites forment une grande voûte anticlinale (fig. 48) ; au-delà de la dépression de Lang-

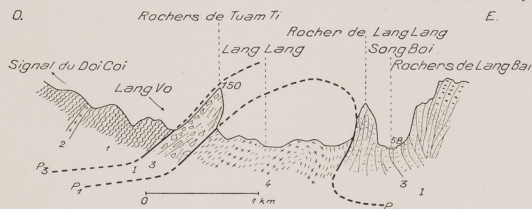


Fig. 48. — Coupe par Lang-lang et les rochers Tuam-ti.

1 Série des gneiss, micaschistes, quartzites. — Nappe I : 2 Mylonites calcaires du Trias moyen. — Substratum enraciné : 4 Rhétien-Lias gréseux et marneux avec roches éruptives.

sang elles forment une série presque verticale, retombée de l'anticlinal à l'E., dans laquelle le Sông-bôi s'est creusé un pittoresque canyon ; l'axe du pli montre, comme l'indiquent la carte géologique et la coupe, du Rhétien en place. On pourrait donner une quantité de coupes semblables.

Il est résulte que le Rhétien-Lias enraciné de la zone des plis de bordure du Delta et du Sông-cai est chevauché par le Trias de la nappe I (mylonites et calcaires anisiens, Ladinien et Trias supérieur) lui-même écrasé par les terrains cristallophylliens.

En somme la nappe I est laminée et écrasée entre le substratum du Rhétien-Lias enraciné et le Cristallophyllien correspondant à la nappe III. Il n'y a pas ici de mylonites de roches basiques. Le front de cette nappe se termine en digitations (fig. 13 pl. III) dans les plis de la chaîne calcaire du prolongement S.-O. du Mòc-châu.

IX — Relations des nappes et des zones autochtones entre elles.

Il me reste à relier entre elles ces observations. Je demanderai au lecteur de se reporter en les lisant aux quatorze coupes en couleur de la planche III.

Partons de la région du Souéi-toc, au N. de Van-yên. La coupe I nous montre l'ensemble de la nappe III décomposé elle-même en 2 nappes ou écaillés secondaires poussée sur les mylonites éruptives de la nappe II qui elle-même chevauche la nappe I de Trias mylonitisé. Le Rhétien et le Lias doivent exister en profondeur sous cette dernière nappe en plis enracinés, car beaucoup plus loin nous les verrons se dégager de dessous elle. La coupe 2 qui va de Doi-muong au Souéi-toc nous montre encore la nappe paléozoïque avec son noyau cristallophyllien, son dédoublement en 2 écaillés, sa superposition aux mylonites éruptives de la nappe II dans laquelle ici intervient le Rhétien. La nappe I comme dans la précédente forme une voûte anticlinale dont les retombées s'enfoncent à l'E. et à l'O. sous la nappe II. La figure 3 montre à l'E. la superposition des nappes III, II, I ; nous y voyons la nappe II reployé en plis aigus dans la chaîne du Nui-mat-vork et le contact des nappes avec la région des plis autochtones du Mòc-châu. Dans la figure 4 nous voyons la nappe paléozoïque venir reposer directement sur les mylonites calcaires de la nappe I dans la région de la Rivière Noire, avec étirement de II qui apparaît un peu plus à l'O. sous forme de Rhétien et de gabbros écrasés. La même coupe montre le contact avec les plis du Mòc-châu et la superposition d'un lambeau de Dévonien, prolongement de la nappe au S.-O. sur le Trias calcaire enraciné du Mòc. La coupe 4 est assez claire pour se passer de commentaires ; elle montre les énormes

ètements qui font disparaître des masses de sédiments d'une grande épaisseur et la suppression momentanée des termes composant la nappe II. La figure 6 prise au S.-O. montre les plissements de la nappe III largement poussée sur les nappes inférieures et la réapparition avec une grande puissance de la nappe II formée de mylonites et de Rhétien-Lias souvent étiré. Les rapports de la nappe I et du substratum sont clairs. Dans la fig. 7 la netteté des charriages s'accroît, l'inclinaison des pendages diminue de plus en plus ; nous arrivons là dans la région si claire de Su-yut à Hoa-binh ; la nappe III paléozoïque écrase entre Mo-hem et Souéi-yut les mylonites de la nappe II. La nappe I montre ici les mylonites calcaires pourvues d'une épaisseur énorme, égale à plus d'un millier de mètres ; dans cette coupe nous voyons apparaître pour la première fois le substratum autochtone rhétien que j'ai appelé, je le dirai plus loin, zone rhétienne-liasique de Phu-nho-quan ; la nappe I se termine à sa partie frontale par des digitations.

Ces circonstances se renforcent dans la figure 8 où le plongement des terrains mésozoïques sous la couverture paléozoïque plissée se fait de plus en plus largement et sous un pendage de plus en plus faible ; cette coupe montre le développement des digitations frontales de la nappe I et l'apparition du substratum rhético-liasique dans des fenêtres que l'érosion a pratiquées à travers la couverture de mylonites plissées. Nous faisons ainsi le tour de la boucle de la Rivière Noire. Dans la figure 9 nous voyons la nappe paléozoïque s'étendre largement sur les nappes II et I. Le substratum triasique de la zone de Phu-nho-quan, substratum enraciné, se dégage de plus en plus de la nappe I dans laquelle se multiplient les fenêtres d'érosion.

La fig. 10 montre une magnifique structure d'écaillés parallèles. Le Paléozoïque est plissé en isoclinaux très couchés et décomposé en écaillés ayant glissé les unes sur les autres ; l'ensemble de la nappe glisse sur le Rhétien-Lias de II qui chevauche le synclinal triasique de la nappe I. La zone liasique enracinée de Phu-nho-quan s'est enfouie de nouveau. Cette coupe est orientée N.-O.-S.-E. parce qu'ici nous avons fait le tour de la boucle paléozoïque et la nappe III au lieu d'être à l'E. est à l'O. et les plongements sont inverses puisqu'ils convergent tous vers le noyau cristallophyllien d'entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire. J'ai cherché du reste dans une figure de la planche III à montrer l'emplacement des coupes en coupe sur une petite carte schématique, de manière à faciliter au lecteur le moyen de les retrouver.

Dans la figure 11 on voit la grande nappe II à pendage régulier du Ba-vi s'enfoncer sous la nappe paléozoïque dans des conditions semblables à celles de la figure 10 ; ici la nappe II offre dans sa structure intime un écaillage intense, d'innombrables petits plis parallèles écrasés les uns sur les autres ; les mylonites de roches vertes atteignent une épaisseur considérable. La coupe fig. 12 va de la nappe paléozoïque aux environs de Lang-tiêng jusqu'au rocher de Tiou-Touan en passant par le Ba-vi, le Nui-vièn-nam, le Ngoc-denh et les hauteurs triasiques du canton de Mo-son. Cette coupe permet de se rendre compte des rapports des nappes III, II et I, de leurs dislocations secondaires, et de l'allure du substratum enraciné.

La figure 13 est une coupe générale du Delta au Nui-boi-yao, chaînon appartenant au prolongement sud-ouest du Mòc. La coupe montre par conséquent la zone de bordure du Delta, le Nui-côt-ca cristallophyllien poussée sur elle, la zone du Sòng-cai qui par dessous le Nui-côt-ca se relie à la zone de bordure du Delta, enfin le prolongement du Mòc. Cet ensemble indique l'enracinement des nappes vers le Delta, les charriages des terrains primaires et cristallophylliens du Dòi-cai et du Nui-côt-ca sur la nappe I et l'allure du bord frontal de la nappe I avec ses digitations au Nui-boi-yao.

Dans la coupe fig. 14 menée du Delta par le Vo-son, Ban-bat, Lang-koï, le Lac-thuy et les défilés du Sòng-cai on voit les débris de la nappe I pincés en synclinaux aigus dans le Rhétien-Lias enraciné qui apparaît sur de larges surfaces, désormais trop grandes pour être qualifiées de fenêtres. Au S. de cette coupe on ne verrait plus rien ; tout s'enfouit sous les alluvions de la région de Phu-nho-quan qui se poursuivent jusqu'à la mer.

Ainsi, dans cette série de coupes, en partant de la dernière, on voit peu à peu la zone rhético-liasique enracinée, bien visible sur la feuille de Phu-nho-quan, dans les zones du Sòng-cai et de bordure du Delta, s'enfouir peu à peu en s'écrasant de plus en plus vers le N.-O. où dans la région de Cho-bo, elle n'apparaît plus à travers les nappes I et II qu'à travers d'étroites fenêtres ; dans la région d'An-miêng, elle s'enfouit complètement sous l'énorme amoncellement des charriages.

J'espère avoir réussi, dans la description des éléments tectoniques de cette vaste région qui s'étend

du N. de Van-yên au Delta, à exposer les faits qui militent en faveur des vues que j'ai adoptées. La tâche est particulièrement difficile, étant donnée l'allure compliquée des faisceaux de plis, le manque de limites distinctes entre les différentes zones qui se fondent toutes les unes dans les autres, et je crains d'avoir pu manquer de clarté dans la distribution des chapitres et l'ordre suivi; mais, je le répète, dans des régions aussi chaotiques géographiquement, il est extrêmement difficile d'établir un ordre irréprochable et d'échapper à cette critique. Dans un ensemble aussi complexe, il est complètement impossible d'arriver à retracer l'histoire exacte de la succession des événements tectoniques et une tentative semblable serait toute de préférence. On peut seulement accepter les conclusions suivantes: le charriage des termes de la nappe II rhético-liasique et comprenant la grande masse des mylonites de roches basiques est antérieur au charriage des terrains paléozoïques d'entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire sur les terrains mésozoïques. Ce charriage a dû prendre l'allure d'un vaste chevauchement du rebord oriental du grand géosynclinal de la Rivière Noire sur la partie ouest, amenant les terrains triasiques à s'écraser en une lame repliée sur elle-même, pincée entre un substratum rhétien-liasique (1) en place; une autre masse de Rhétien-Lias et roches basiques (gabbros, péridotites) en masses, lentilles, sills, amandes incluses dans ces formations joua le rôle de traineau écraseur. La fig. 49 montre l'allure probable des nappes après ce

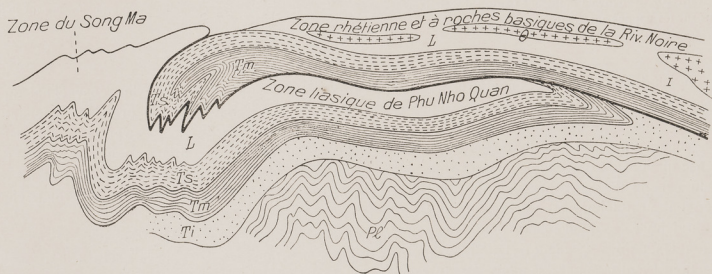


Fig. 49. — Schéma montrant l'allure des charriages antérieurement à la deuxième phase.

grand mouvement que je constate, mais ne saurais dater exactement (2).

Ensuite à une époque postérieure, de grands mouvements tangentiels ont amené un autre mouvement dirigé dans le même sens, *overthrust* ou *underthrust*. (je ne saurais préciser), amenant un vaste charriage de l'arrière région paléozoïque du Fleuve Rouge sur l'ancien géosynclinal déjà écrasé de la Rivière Noire. Le passage de cette énorme masse écrasante a provoqué le broyage complet des masses de roches éruptives et le laminage des termes sédimentaires de la nappe II; celle-ci, de traineau écraseur est devenue à son tour lame d'écrasement sous un nouvel écraseur. Après cette phase de charriage, je figurerais le

(1) Il y a peut-être eu dans cette série, primitivement, des termes plus élevés que les termes liasiques les plus récents. Tout nous porte à penser que le géosynclinal de la Rivière Noire fut occupé par les eaux pendant le Mésojurassique (calcaires de Ba-ma) et peut être plus tard, question que je pense élucider dans une prochaine mission.

(2) Postérieur en tous cas aux termes supérieurs signalés dans la note ci-dessus.

schéma des dislocations ainsi que l'indique la figure 50. Il y eut alors disparition locale des mylonites érup-

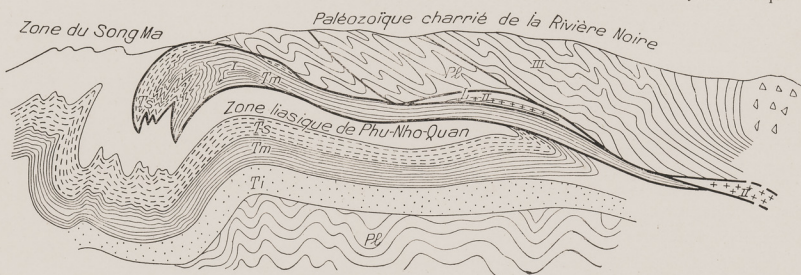


FIG. 50. — Schéma montrant l'allure des charriages après la deuxième phase ayant amené le chevauchement du Paléozoïque sur les nappes antérieures.

tives ou des divers termes sédimentaires de la nappe II. Ainsi mon opinion est que le géosynclinal de la Rivière Noire a été par deux fois soumis à une déformation dans le même sens; la première amenant la formation d'une zone de plis importants sur son abord est et le charriage de ces plis vers l'ouest; la seconde amenant un nouveau plissement en arrière à l'est du premier et nouveau charriage vers l'ouest; et je pense que ces deux mouvements ont été séparés par une phase épirogénique importante dont les débris du Terrain Rouge proprement dit (dont j'ignore totalement l'âge) sont les témoins. Les derniers charriages sont à rattacher aux mouvements himalayens.

En dehors des mouvements de charriage, il reste à examiner pourquoi les directrices des plis qui affectent les nappes prennent ces allures sinueuses si frappantes qui se lisent sur la carte à la première inspection. Le plissement des nappes de terrains mésozoïques en plis souvent verticaux ou très relevés dans la région de Phu-nho-quan paraît bien être l'effet du charriage de la nappe des terrains paléozoïques. La grande zone paléozoïque a refoulé visiblement, comme un énorme coin, les terrains mésozoïques, pénétrant profondément au milieu d'eux et en même temps sur le bord frontal, s'étalant largement sur eux (1). C'est ainsi qu'on voit l'ensemble dessiner cette vaste courbe si caractéristique des plis paléozoïques de la Rivière Noire, qui, dans la courbe des plis formés par la nappe triasique, s'enfoncé en refoulant celle-ci. J'ai déjà fait ailleurs cette remarque que l'ensemble donne étrangement l'impression des Dinariides s'enfonçant dans l'arc alpin. Les nappes prirent donc sous la compression des nappes paléozoïques l'allure d'isoclinaux serrés, tandis que dans ces dernières les terrains glissaient les uns par dessus les autres en écailles parallèles comme dans la coupe de Hoa-binh à Tu-ly où sur 15 km. de longueur toutes les couches offrent le même pendage avec de constantes répétitions d'horizons. Les écrasements sont restés limités aux nappes inférieures.

Des mouvements postérieurs ont ensuite affecté l'ensemble, mouvements contemporains du plissement des couches pliocènes lacustres à lignites de Yên-bay et que je considère pour beaucoup de raisons comme d'origine épirogénique. Ces mouvements sortent du cadre de cette étude. Ils n'ont pas influé sur les directrices et je m'en occuperai ailleurs, dans une étude physiographique de la région.

(1) Les nappes II et I et les terrains autochtones du substratum se sont plissés ensemble.

X. — Relations des plissements de la Moyenne et de la Basse Rivière Noire avec les régions avoisinantes

J'examinerai maintenant les rapports de la partie de l'Indochine que je viens d'étudier, avec les autres parties de notre grande colonie asiatique et avec les régions chinoises environnantes, par extension. Je rattache la zone des plis et des charriages de la Basse et de la Moyenne Rivière Noire à ce que j'ai appelé au Yunnan le « faisceau sino-annamitique » (1).

Vers le N.-O. les charriages de la région de Van-yên paraissent se continuer nettement d'après les échantillons que m'a rapportés mon collaborateur et ami le Commandant Dussault : en effet dans la région de Son-la abondent les types de mylonites et les contacts anormaux. Je réserve pour une prochaine campagne l'étude de cette région.

En descendant vers le S.-O. nous verrons au contraire la zone enracinée des plis du Mòc-châu qui, elle, fait partie de ce que j'ai appelé *faisceau du Mèkong*, descendre dans le Nord-Annam avec une direction toujours S.-E. puis décrire une série d'inflexions que montre la petite carte fig. 51. A l'E. de cette zone du Mòc-châu, les plis du faisceau sino-annamitique affectant le géosynclinal de la Rivière Noire, décrivent autour de la masse charriée vers le S. d'entre Fleuve Rouge et Rivière Noire, la grande boucle que nous connaissons, puis passent de l'autre côté du Delta en prenant une allure d'éventail dans le Ba-vi. Les plus septentrionaux passent à l'E. du Delta tonkinois où ils vont former les guirlandes de plis des fles de la baie d'Along, du Fai-tsi-long, et de ce qu'on appelle « les grandes fles, ainsi que les plissements de la grande région triaso-rhétienne de Lang-son, d'An-châu, du Đông-triêu. Les plus méridionaux descendent vers le

(1) Je rappellerai ce que j'écrivais dans mon travail sur la Géologie générale du Yunnan (Mém. Serv. Géol. Indochine, Vol. I, fasc. I, p. 301) : les plis de la zone de bordure des grands massifs tonkinois, dirigés presque N.-S. dans le Nan-ti près de la frontière du Tonkin et du Yunnan méridional s'infléchissent progressivement vers le S.-S.-E., puis vers le S.-E., direction qu'ils prennent définitivement dans la région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire. Si on recherche ensuite ce que deviennent en allant vers l'E. les plis formant le groupe en question, nous les voyons s'infléchir vers le N.-E., direction qui se prolonge très au-delà, vers l'extrémité orientale de la Chine méridionale où dans la région de Shang-haï et au S. de Han-ke ou, les directrices offrent une direction constante N.-E.-S.-O. dans le Kan-si. — J'appelle faisceau sino-annamitique ce groupe de plis, qui, venant ainsi avec une direction N. E.-S. O. du bas Yang-Tseu par le Kiang-si, passe au Yunnan par le N. du Kwang-si et la partie méridionale du Kwéi-tchéou, circonscrit la région cristallophyllienne et primaire du Haut Tonkin par une large incurvation, traverse le Fleuve Rouge presque normalement, puis très rapidement s'incurve au S.-E. dans la région de la Rivière Noire et du Nord-Annam.

S.-E. en formant avec les précédents un vaste éventail divergent dont le Delta occupe le milieu (fig. 51).

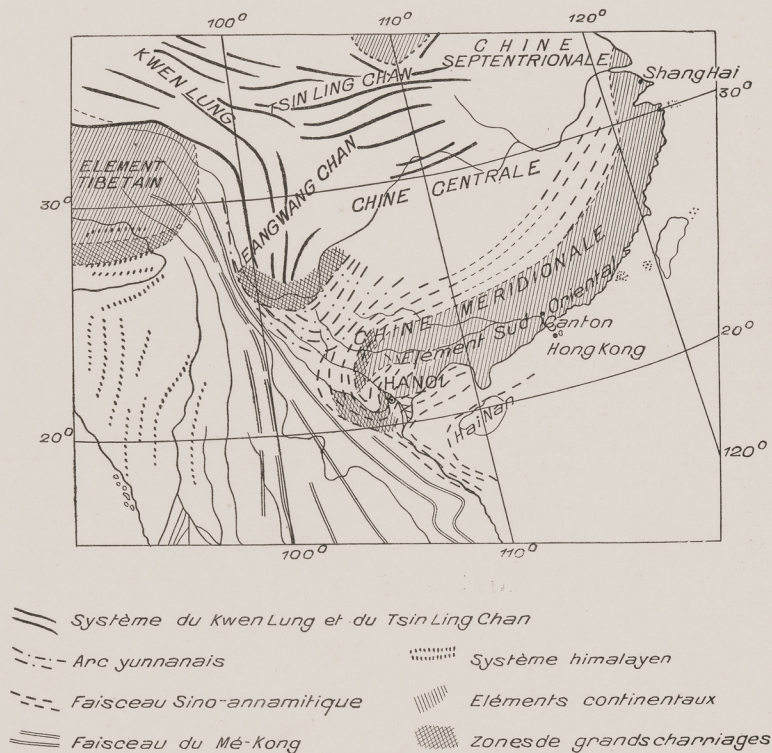


FIG. 51. — Carte schématique montrant les directrices des plissements dans la partie méridionale du Tonkin

Les charriages n'existent plus à l'E. du Delta, du moins en tant que grands charriages, car les plis renversés et les charriages locaux restent fréquents.

Il paraît bien indiqué que cette structure complexe est due à l'avancée vers le S.-O. de la zone (nappe III) paléozoïque et cristallophyllienne du Fleuve Rouge qui se relie à l'élément sud-oriental chinois. Ainsi le faisceau sino-annamitique orienté en Chine N.-E.-S.-O. s'incurve peu à peu en passant N.-S. dans le Nan-ti, puis il passe dans la région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire en s'orientant N.-O.-S.-E., serré entre le faisceau du Mékong et la zone du Fleuve Rouge qui l'a écrasé, ensuite dans la région Chobo, Su-yut, il s'étale en un large éventail ; une partie des plis descend vers le N.-E. dans la zone du Sòng-

cai ; les autres repartent vers le N.-E. ; la boucle est donc complète et l'élément chinois sud-oriental se montre entièrement enveloppé. (1)

La conclusion à laquelle je tiens le plus à voir s'arrêter le lecteur au point de vue de la structure des plis tonkinois est celle-ci : dans la Basse Rivière Noire les directions des plissements des nappes de terrains secondaires forment une série d'arcs dont les uns se dirigent vers le N.-E. tandis que les autres s'infléchissent de plus en plus vers l'E. puis vers le S.-E. et les premiers vont se raccorder avec les plis des terrains secondaires à l'E. du Delta, et ce fait est nouveau et très important, car il explique presque entièrement la structure du Tonkin.

J'ai cherché, dans la petite carte fig. 52, à rendre compte de la structure générale du nord de l'Indo-

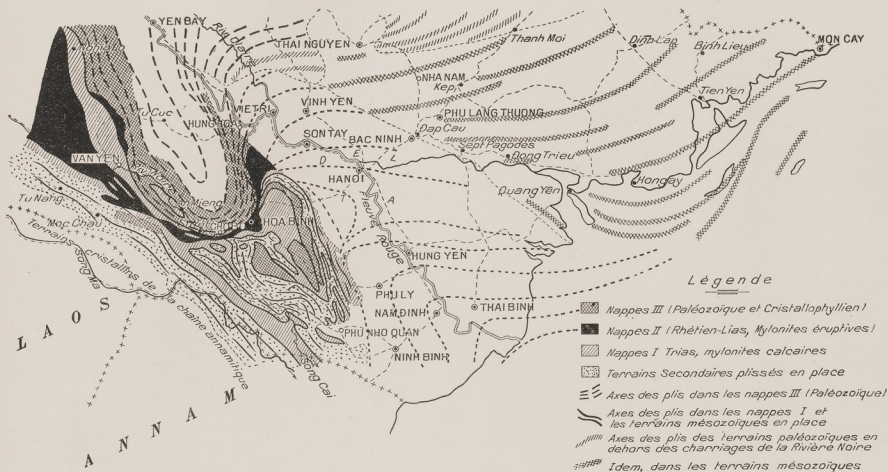


FIG. 52. — Relations des plis indochinois du nord avec ceux de l'Asie sud-orientale.

chine telle que mes travaux me permettent de l'envisager maintenant en la reliant à mes conclusions pour le reste de l'Asie méridionale.

Pour conclure, je tenterai la remarque suivante, c'est que toute l'Asie sud-orientale nous montre d'une façon frappante dans tous les grands faisceaux de plis, le phénomène que j'appellerai celui des « boucles de plis » avec coins écraseurs poussés dans leur intérieur, amenant la fréquence des accolades de faisceaux. Il y a exagération de la courbure des arcs. En tous cas, toute cette structure nous entraîne bien loin des théories de V. Richthofen qui nous paraissent partir d'un point de vue entièrement erroné et de la méconnaissance totale de la structure plissée de l'Asie sud-orientale, comme j'espère le démontrer formellement après l'étude tectonique complète du nord indochinois et des provinces chinoises environnantes.

(1) J'ai passé l'été de 1914 dans les hautes chaînes du bassin du Sông-chay sur la frontière sino-tonkinoise. J'y ai trouvé la confirmation entière de ces faits. Cette région sera l'objet d'une prochaine monographie au point de vue tectonique, stratigraphique et physiographique.

PLANCHE I

PLANCHE I

FIG. 1. — Brèche calcaire de Cho-bo. Mylonites de calcaire anisien.
1/2 de grandeur naturelle.

FIG. 2. — — —

FIG. 3. — — —

FIG. 4. — Brèche tectonique de quartzite ordovicien.
Nui-che. 1/2 de grandeur naturelle.

ÉTUDE DES PLISSEMENTS DE LA RIVIÈRE NOIRE

J. DEPRAT: Mylonites calcaires.

Mém. Serv. géol. de l'Indochine.

Vol. III; fasc. IV, Pl. I.



1



2



3



4

17

PLANCHE II

PLANCHE II

- FIG. 1. — Lherzolite. Lumière naturelle. Entre Lang-tiên et Lanh-chiét × 15.
FIG. 2. — — — — — , nicols croisés. Indices de froissement, ombres roulantes × 15.
FIG. 3. — Lherzolite. Nui-tông-tat. Type assez écrasé. Nicols croisés × 15.
FIG. 4. — Harzburgite. Sous le Nui-dac. Nicols croisés × 15.
FIG. 5. — Gabbro écrasé. Nicols croisés. Nui-mat-vork. × 15.
FIG. 6. — — — — — . Lumière naturelle Nui-mat-vork × 15.
FIG. 7. — — — — — . Nicols croisés Nui-tông-tat. × 15.
FIG. 8. — — — — — . Nui-tông-tat. Nicols croisés × 15.
FIG. 9. — Schiste vert mylonitique. Lumière naturelle, Su-yut. × 15.
FIG. 10. — — — — — , Van-say × 15.
FIG. 11. — — — — — , Van-say × 13.
FIG. 12. — — — — — , Van-say × 15.

ÉTUDE DES PLISSEMENTS DE LA RIVIÈRE NOIRE

J. DEPRAT: Mylonites éruptives.

Mém. Serv. géol. de l'Indochine.

Vol. III; fasc. IV, Pl. II.



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



100-100-100