

UNIVERSITE DE NANCY I
LABORATOIRE DE GÉOLOGIE REGIONALE

Case Officielle 140
54037 NANCY CEDEX

Tél. (8) 328.93.93
Postes : 27.26 et 27.30

Micheline Hanzy

①

- PÉTROLOGIE STRUCTURALE -

V O S G E S

Présentation schématique du
MASSIF ANCIEN

Cl. GAGNY

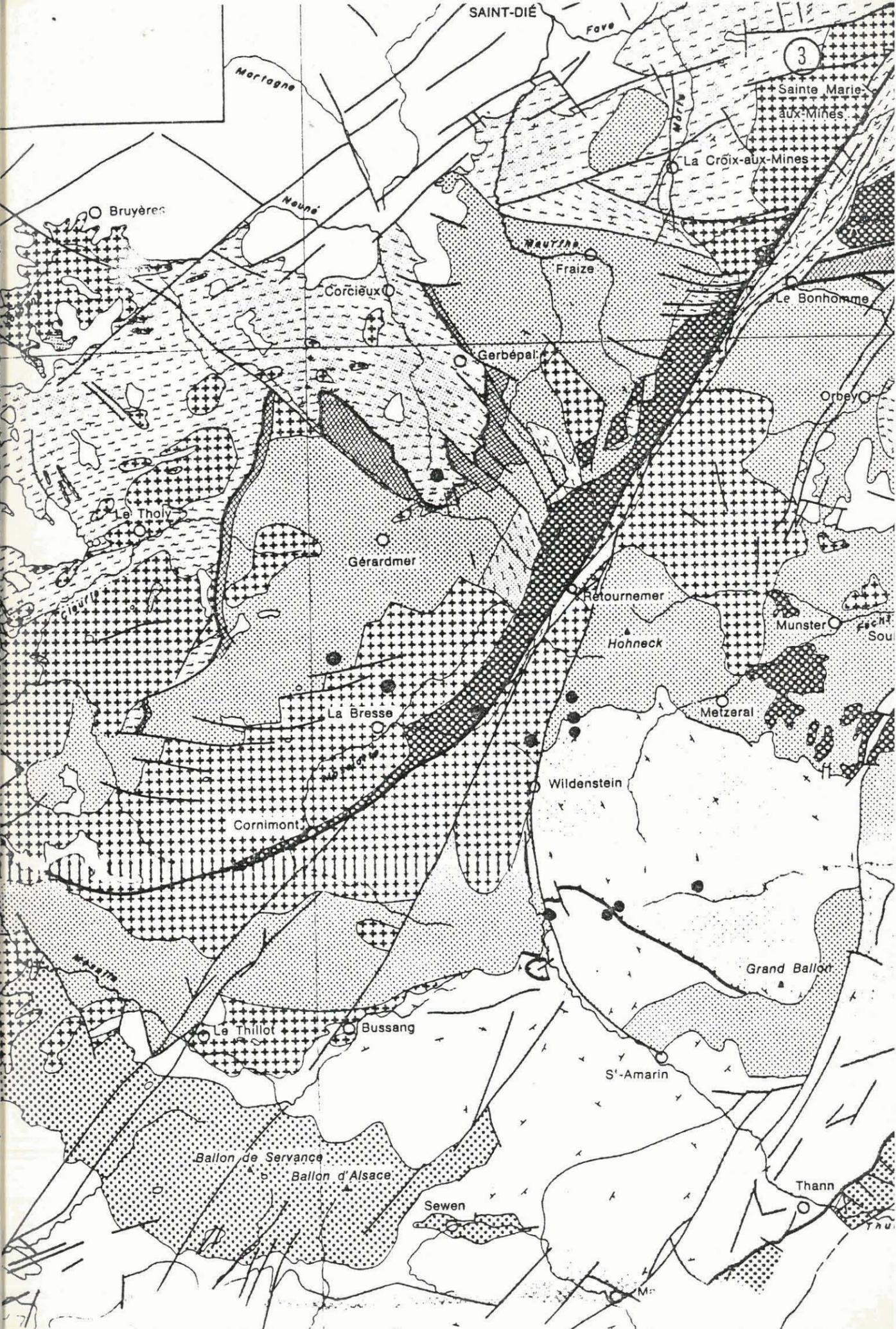
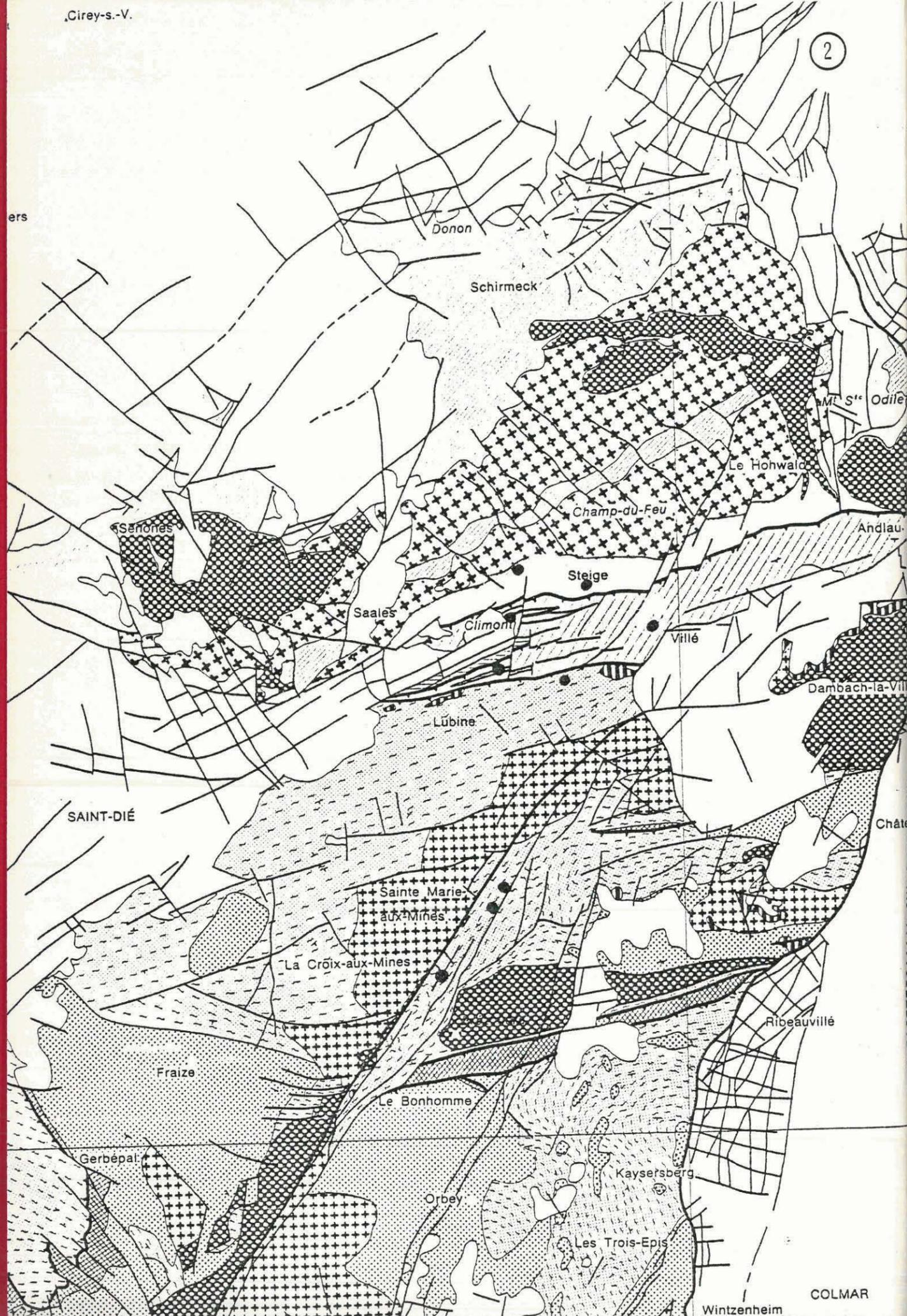
Professeur à l'UNIVERSITE de NANCY I

Pour servir de cadre aux observations lors du Circuit péda-
gogique dans les Vosges Moyennes et Vosges Méridionales du
vendredi 8 mai 1981

Licence Sciences Naturelles
UNIVERSITE DE NANCY I

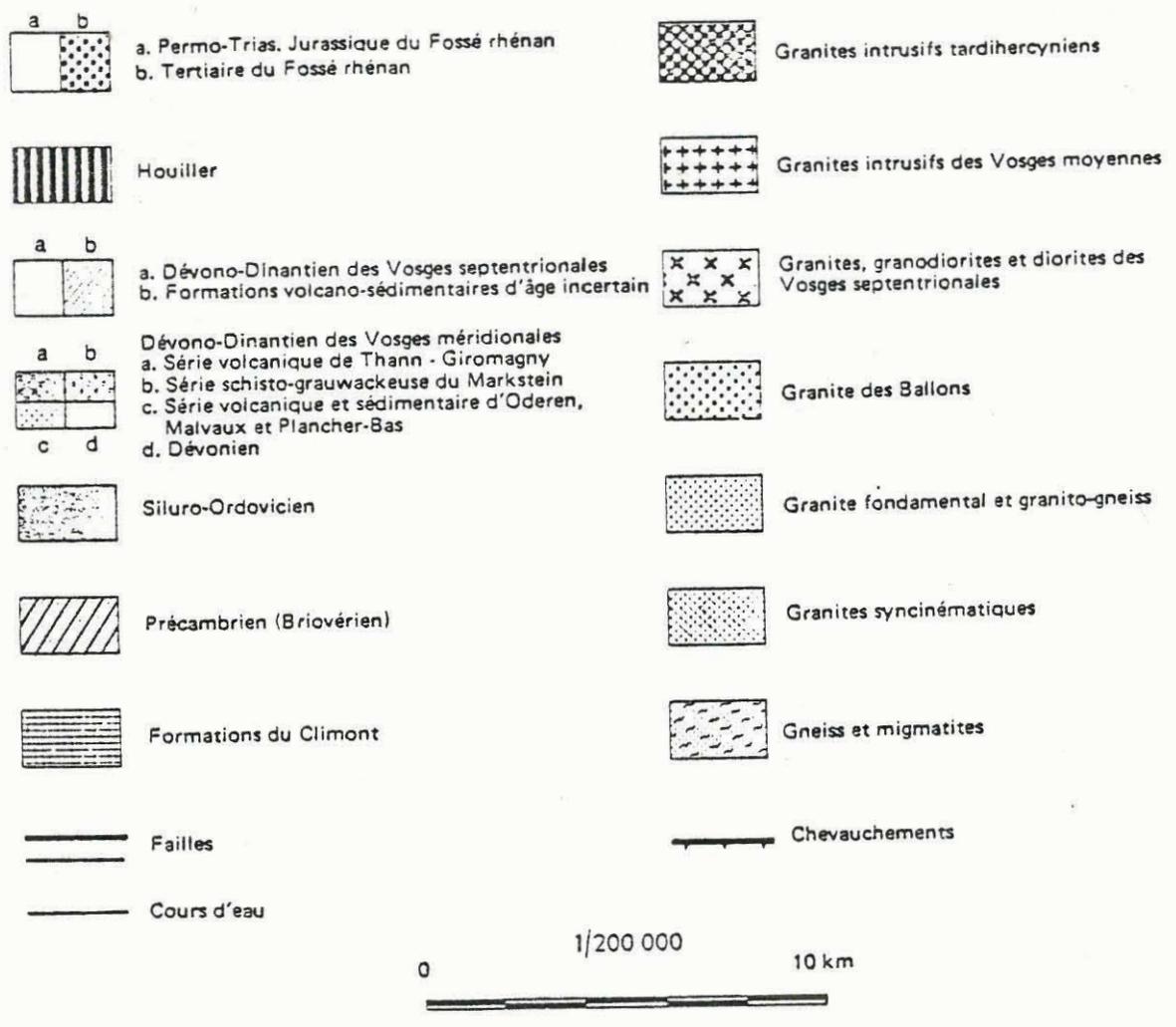
Note : Pour faciliter l'intégration des observations dans un ensem-
ble de connaissances supposées adaptées aux objectifs de
la formation, le rédacteur s'est appuyé largement sur les
données présentées :

- Dans les Guides Géologiques Régionaux (Masson) (Vosges-
Alsace et Dictionnaire de Géologie)
- J. DEBELMAS. Géologie de la France - Doin - 1974.
- Dans la bibliographie régionale (Bulletins Service Car-
te Géologique d'Alsace Lorraine puis Sciences Géologi-
ques).



CARTE STRUCTURALE DU SOCLE VOSGIEN

- 1972 -



PLAN

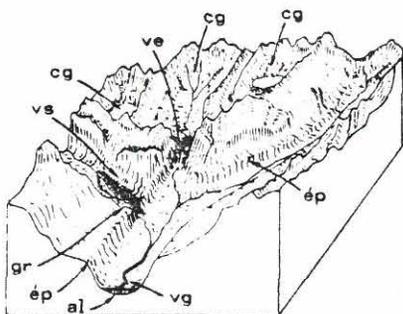
- I. Morphologie du Massif Vosgien 6
 - * Fiche sur le modelé glaciaire
- II. Grands traits de la structure des Vosges 7
 - A. Vosges Moyennes
 - B. Vosges Méridionales
 - C. Vosges Septentrionales
- III. Le Précambrien des Vosges 11
 - Principales Unités de Gneiss
 - Série de Villé
 - * Tableau synoptique du Précambrien et du paléozoïque inférieur (13)
 - * Fiche sur la pétrographie des métamorphites (14)
- IV. Les Vosges au Siluro-Dévonien 15
 - A. Le Silurien
 - B. La phase orogénique calédonienne
 - C. Le Dévonien
- V. Le Viséen des Vosges 16
 - * Fiche sur le faciès CULM (18)
 - * Fiche sur les nappes de charriage (19)
- VI. Le Carbonifère Supérieur des Vosges 20
 - * Fiche sur phase orogénique, discordance, lacune (21)
- VII. Le Permien des Vosges 22
 - * Tableau synoptique du Paléozoïque Supérieur.(23)
- VIII. Divers
 - * Fiche sur le métamorphisme(24)
 - * Fiche sur le volcanisme du Précambrien au Crétacé(26)
- IX. Lexique géologique 27

modelé glaciaire (ou relief glaciaire, expression moins correcte) - Formes du relief façonnées par le creusement des glaciers*, ou édifiées par les dépôts qui leur sont liés.

1. **formes de creusement**: la plus simple est le cirque glaciaire, simple dépression ayant contenu un glacier **suspendu**. La plus typique est la vallée glaciaire à laquelle le creusement par la glace donne une forme en U caractéristique: on l'appelle **auge** glaciaire. Cette forme est accentuée par des **épaulements**, replats situés au niveau supérieur du glacier et auxquels se raccordent des **vallées suspendues**, correspondant à un réseau

glaciaire ou hydrographique dont le niveau de base local était la surface du glacier. Après la fonte de ce dernier, on assiste à un surcreusement de ce réseau qui aboutit à de profondes gorges de raccordement débouchant au fond de l'auge glaciaire. Le profil en long de cette dernière est souvent marqué par des surélévations causées par la présence de roches plus résistantes: ce sont des **verrous** glaciaires. Après la fonte du glacier, elles barrent la vallée et retiennent souvent les eaux d'un lac qui, même comblé, laisse une trace sous forme de plaine d'alluvions. La marque du glacier est visible sur les roches de son substratum qui sont moutonnées (arrondies par le frottement), ou cannelées, ou encore striées par les cailloux entraînés par la glace.

2. **Les dépôts glaciaires** sont notamment constitués par les **moraines**, accumulations de blocs éboulés sur le glacier ou arrachés et transportés par lui. Après le retrait total ou partiel d'un glacier, les moraines latérales se retrouvent sur le bord de sa vallée, les moraines de fond peuvent donner des collines allongées suivant l'écoulement de la glace, ou **drumlins**, nombreuses dans les régions qui ont été recouvertes par les inlandsis. La moraine frontale forme une colline en croissant concave vers l'amont (**amphithéâtre**, ou **vallum**, morainique) qui marque la limite maximale d'un stade antérieur. La reprise par les eaux donne des dépôts fluvio-glaciaires. C'est à cet ensemble qu'il faut rapporter les collines serpentiformes appelées **askers*** (ou **ôa**), ou encore les nappes alluviales formées par les cônes de déjection sableux et caillouteux des émissaires des inlandsis que l'on nomme **sandur**. La caractéristique sédimentologique principale des dépôts morainiques, qui se retrouve en partie dans les formations fluvio-glaciaires, est le mauvais classement granulométrique de leurs composants V aussi tillite.



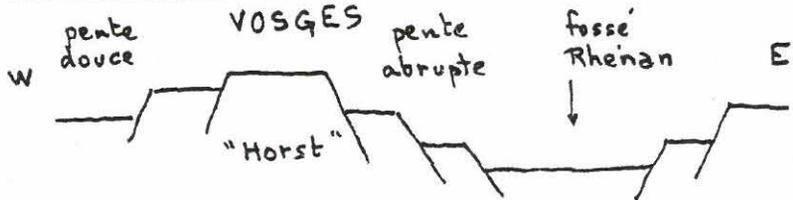
modelé glaciaire

al: alluvions actuelles - cg: cirque glaciaire (avec parfois lac glaciaire) - ép: épaulement - gr: gorge de raccordement - ve: verrou glaciaire - vg: vallée glaciaire en auge - vs: vallée suspendue (cf. fig. à glacier).

MORPHOLOGIE DU MASSIF VOSGIEN.

La surrection de l'ensemble VOSGES - FORET NOIRE et l'effondrement du fossé rhénan datent de "l'orogénèse alpine".

La morphologie du Massif Vosgien:

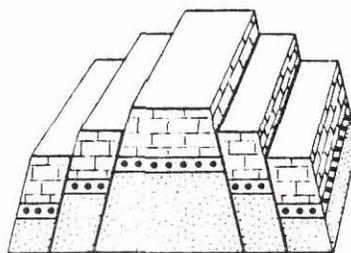


avec une dissymétrie Est-Ouest
avec une dissymétrie Sud-Nord.

Le modelé du relief est donc le résultat de:

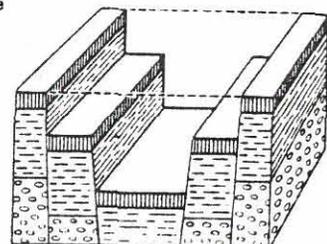
- Dynamique interne (plissement alpin)
 - . surrection dissymétrique
 - . effondrement du fossé rhénan (morphologie en "HORST et GRABEN")
 - Dynamique externe
 - . Glaciation Quaternaire
 - . Erosion en climat tempéré montagnard.
- (voir ci-contre la définition du "modelé glaciaire d'après FOUCAULT et RAULT, Dictionnaire de Géologie, Masson, 1980.)

horst n. m. [mot allem. signif. nid d'aigle] - Structure tectonique constituée par des failles normales de même direction, limitant des compartiments de plus en plus abaissés en s'éloignant du milieu de la structure. Comme pour le graben*, la formation du horst exige une extension, d'où des émissions volcaniques fréquentes. Ant. graben.



horst

graben n. m. [mot allem. signif. fossé; prononc. - bèn'] - Structure tectonique constituée par des failles normales de même direction, et limitant des compartiments de plus en plus abaissés en allant vers le milieu de la structure. Elle peut se traduire dans la morphologie par un **fossé d'effondrement** (ou **fossé tectonique**). On connaît des grabens de toutes tailles: le fossé rhénan, les Limagnes en constituent des exemples typiques. Il est à noter que la formation d'un graben exige une extension (ou distension) de la région concernée (d'où des émissions volcaniques fréquentes), ce qui explique leur présence aux premiers stades d'une ouverture océanique.



graben

II. GRANDS TRAITIS de la STRUCTURE des VOSGES

A. Vosges Moyennes

- C'est un ensemble de gneiss-migmatites et granites :
- Limité au Nord par une ligne tectonique majeure (voir ci-dessous le § sur les Vosges Cristallines du Nord)
- Limité au Sud d'une façon moins nette par la présence d'une couverture de terrains volcano-sédimentaires d'âge dévono-dinantien. Les lignes structurales majeures ont certainement existé mais ont été obli-
tées par la mise en place de granite du paléozoïque supérieur (namuro-
welsphalien, notamment le Granite des Crêtes).

• On y distingue un cycle anté-hercynien que l'on nomme ici le cycle
MOLDANUBIEN. (Les travaux récents dans le N.E. du Massif Central de-
vraient conduire à un nouvel examen de ces données concernant les
Vosges).

• Mais, le cycle MERCYNIEN est intervenu et a imposé une tectonique
intense dont les traces sont de grandes lignes de fracture avec des
mylonites, des chevauchements, des granites syntectoniques (un peu
comme en Bretagne ou dans le N.E. du Massif Central par exemple).

Ce sont :

- + le chevauchement de la zone occidentale sur la zone axiale de
Straiture (granites syntectoniques)
- + Le chevauchement de la zone orientale sur la zone axiale à l'Ou-
est de Ribeauvillé (granite de Bilstein).
- + Un linéament SSW-NNE souligné par une étroite bande de leuco-
granite grossier (granite des Mortes ou Granite de Valtin)
- + Une nappe de charriage (ligne des Klippes) intéressant les for-
mations dévono-dinantiennes, avec écaillés de socle, et recoupée
par le Granite des Crêtes.

Ce contact intrusif peut être tenu approximativement comme limite avec
les Vosges méridionales (métamorphisme de contact sur les séries visé-
ennes.

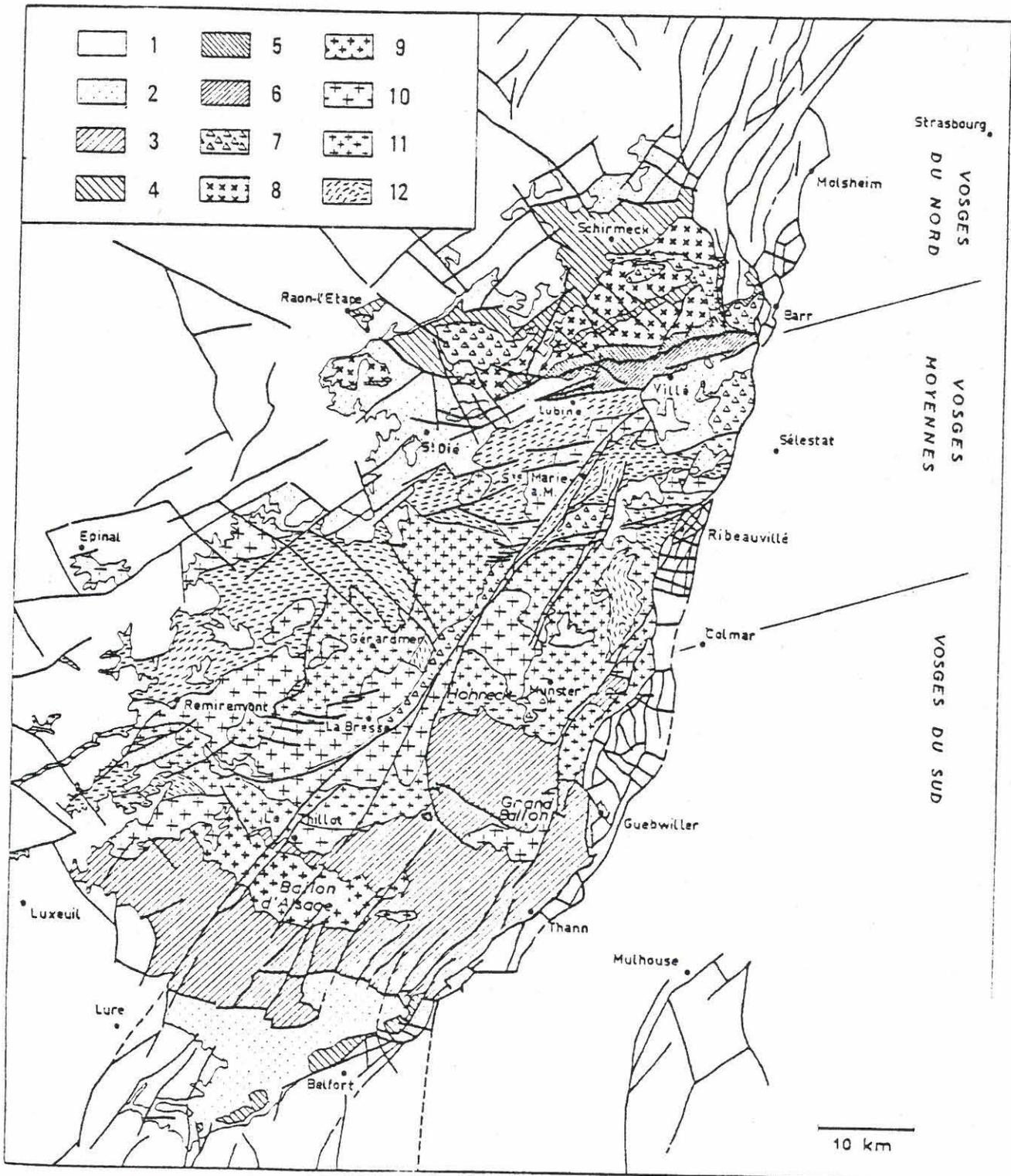


Fig. 29 - Carte structurale du socle vosgien (d'après J.-P. von Eller et coll., 1972 réduite et complétée par P. Fluck, 1973). in J. DEBELMAS, 1974.

Les grands ensembles géologiques ont été distingués :

1. Terrains secondaires, tertiaires et quaternaires.	7. Granites intrusifs tardi-hercyniens.
2. Permien.	8. Granitoïdes des Vosges du Nord.
3. Viséen des Vosges méridionales.	9. Granite des Ballons.
4. Dévonien du Belfortais et Dévono-Dinantien de la Bruche.	10. Granites intrusifs des Vosges moyennes.
5. Siluro-Ordovicien.	11. Granite fondamental et granito-gneiss.
6. Série de Villé et formations du Climont.	12. Gneiss et migmatites.

On y distingue également les trois parties fondamentales du socle vosgien.

B. Vosges Méridionales

C'est un vaste ensemble de formations volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes (et surtout viséennes) dont nous verrons quelques détails.

Elle a subi une tectonique de couverture avec la "ligne des Klippes" que nous observerons à la ferme du Treh avec - si le temps le permet - une vue panoramique sur la vallée de la Thur avec la klippe du Thalhorn et celle du Drumont.

Un faisceau de failles plus tardives a redécoupé cet ensemble. On y observera la faille de la Thur qui décale la ligne des Klippes (sens senestre) et qui est "suivie" par la vallée de la Thur avec une morphologie glaciaire spectaculaire. (forme en U, troncature des éperons, épaulement, verrous, tourbières dans les surcreusements, moraines, ...etc...).

Le Granite des Ballons, d'âge Viséen, est typique du plutonisme des Vosges Méridionales (granite porphyrique monzonitique à biotite et hornblende). Il est intrusif dans les séries viséennes (anté-phase sudète précoce). Il est normalement recoupé par le Granite des Crêtes qui présente à son contact des faciès de bordure.

On observe aussi un plutonisme (qui est dit lié à celui du Granite des Ballons) avec diorite, syéno-diorite, syéno-gabbro, gabbro. Le sujet est en cours d'étude et les conclusions "classiques" risquent d'être caduques.

C. Vosges Septentrionales

- C'est ensemble est limité :

- Vers le Nord, par son ennoisement sous la couverture permo-triasique surtout en raison de la dissymétrie Sud-Nord du Horst
- Vers le Sud, par une ligne tectonique majeure appelée CHEVAUCHEMENT de LUBINE (zone des écaillles de Lubine et des schistes de Villé). Le chevauchement s'est réalisé du Sud vers le Nord avec remontée d'écaillles tectoniques profondes. Les terrains métamorphiques précambriens des Vosges Moyennes et les schistes et phyllade de Villé (épizone) (briovérien) reposent par chevauchement sur les schistes de Steige d'âge Situro-ordovicien (qui appartiennent aux Vosges du Nord) et ont été indurés localement par métamorphisme de contact des granites post-intrusifs.

- Dans les Vosges cristallines du Nord, on observe une disposition en bandes très compartimentées par une tectonique postérieure avec:
 - des formations dévoniennes de la Bruche et du Nord de Saint-Dié dont l'âge va du Dévonien inférieur au Frasnien (volcanisme prépondérant à la base, puis schistes, grauwackes, phanites et radiolaire - conglomérats deltaïques et calcaires coralliens).
 - Un plutonisme dioritique et granodioritique (tardi-viséen) puis les faciès granodioritiques et granitiques du champ du feu (namurien ?)
 - des granites tardifs (westphalien) intrusifs en massifs circonscrits recourent ces structures : granites d'Andlau, de Natzwiller et de Senones.
 - Enfin, au Stéphanien, les granites intrusifs du Kagenfelds (et de Raon-l'Etape) présentent des développements hypovolcaniques granophyriques et même rhyolitiques (épanchement).

Toutes ces données ont été reprises dans les tableaux synoptiques.

III. LE PRECAMBRIEN des VOSGES

Le Précambrien est actuellement décrit dans la zone des Vosges Moyennes. Son étude peut révéler des surprises compte-tenu d'une part des travaux récents (FLUCK, 1980) et d'autre part des données acquises dans le Nord Est du Massif-Central qu'il faudrait "projeter" dans l'examen du socle vosgien particulièrement délaissé par la recherche française.

Principales Unités de Gneiss

- Gneiss d'Urbeis : bande de Gneiss WSW-ENE qui chevauche la zone broyée de Lubine vers le Nord et a un contact tectonique vers le Sud avec les Gneiss de la Croix-aux-Mines (plagioclase-biotite-sillimanite-Cordiérite-reliques de grenat et disthène donc traceurs de métamorphisme de Haute-Pression).
- Gneiss de la Croix-aux-Mines : On y distingue :
 - . un groupe monotone issu d'une série greso-pélimitique
 - . un groupe varié issu d'une série très variée volcano-sédimentaire : quartzites (grès), calcaire cristallin (calcaire), gneiss graphitique, amphibolite (volcanisme basique).
- Gneiss de Sainte Marie aux Mines : On y distingue trois groupes :
 - . Gneiss à sillimanite et cordiérite
 - . Gneiss à grenat à passées de calcaires cristallisés
 - . Granulites et péridotites

Migmatites

Ce sont notamment les migmatites de Gerbepal qui constituent un ensemble allochtone occidental en chevauchement vers l'Est sur la partie axiale des Vosges Moyennes.

** à signaler que les migmatites porphyroblastiques à enclaves basiques de Kaysersberg, situées à l'Est, étaient rapportées au Précambrien. P. FLUCK a montré que ces formations étaient d'âge viséenne reprises dans un phénomène ultérieur de Migmatisation !

Série de Villé

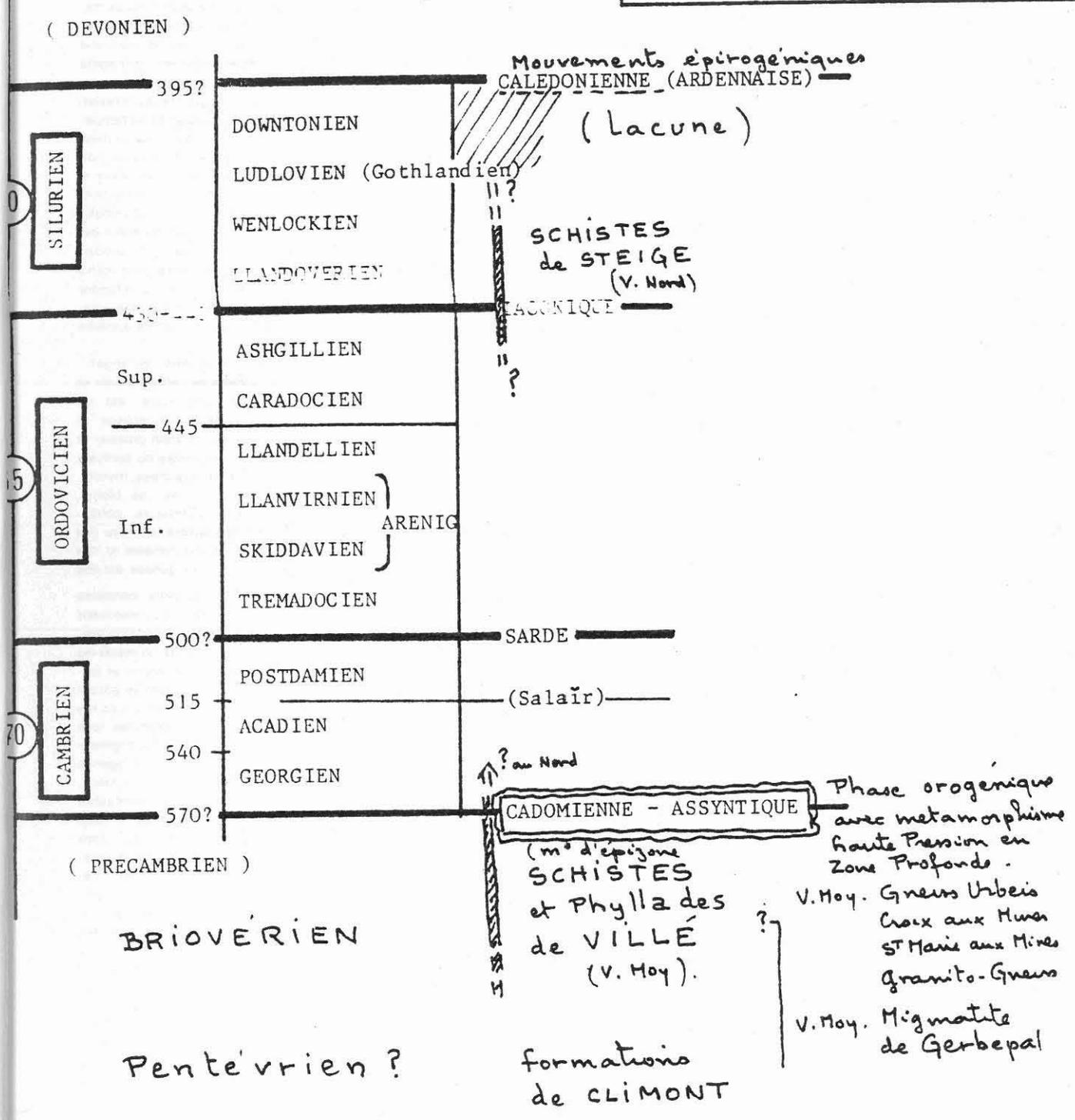
Ce sont les schistes et phyllades de Villé qui n'ont subi qu'un métamorphisme épizonal. Cette formation est rapportée à un âge Brioverien (Précambrien Terminal) par comparaison avec le Massif Armoricain. Vers le Nord, l'âge pourrait être un peu plus récent (Cambrien ?).

A signaler que les formations de Climont, (gneiss et granites) pourraient être plus anciennes (Pentévrien ? par comparaison avec le Massif Armoricain).

En Conclusion

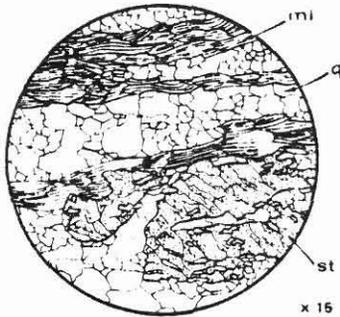
L'orogénèse cadomienne

- a provoqué un métamorphisme de haute pression en profondeur sur les formations précambriennes
- n'a soumis qu'à un métamorphisme épizonal, les formations plus superficielles comme les schistes de Villé.



V. Nord : Vosges du Nord. V. Moy : Vosges Moyenne. V. Sud : du Sud

micaschiste n. m. [de mica. et schiste] - Roche métamorphique commune, épi- à mésozonale, à grain généralement moyen, à schistosité et foliation marquées, riche en lamelles de mica visibles à l'œil nu, d'où une structure lépidoblastique et un débit facile en plaquettes (quelques mm ou cm) à surface brillante, claire ou sombre selon la couleur du mica. Les minéraux constitutifs sont les micas, très abondants (biotite et/ou muscovite), le quartz, en cristaux visibles à l'œil, dispersés ou groupés, en minces lits discontinus, les feldspaths peu nombreux (<20%) et microscopiques (différence d'avec les gneiss); les autres minéraux possibles sont très variés (selon la richesse en Al₂O₃, Ca...), et sont souvent sous forme de porphyroblastes (d'où le nom de micaschiste à minéraux) avec: silicates d'alumine, staurotide, cordiérite, grenat, humite, trémolite... Les variétés sont désignées d'après les minéraux: micaschiste à andalousite, à grenat... micaschiste calcifère si la calcite abonde (souvent alors sous forme de cristaux engrenés donnant de minces lits clairs). Les micaschistes sont d'origine para. et dérivent d'argiles et de pélites (séquence pélitique) ou de pélites calcareuses. adj. **micaschisteux, euse.**



micaschiste

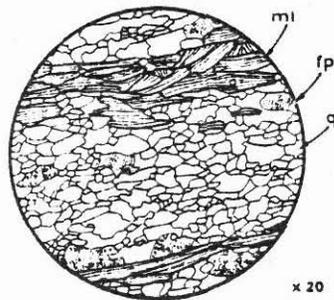
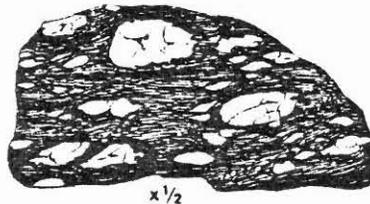
Vu en lame mince - mi: mica - q: quartz granoblastique - st: staurotide en porphyroblastes à inclusions de quartz (d'après J. Jung, V. aussi fig. à grenat hélicitique).

micaschistes inférieurs (zone des-)
Expression ancienne pour la zone des micaschistes à deux micas, servant à caractériser, dans la séquence pélitique, la partie supérieure de la mésozone (V. métamorphisme).

micaschistes supérieurs (zone des -)
Expression ancienne pour la zone des schistes sériciteux et chloriteux, servant à caractériser, dans la séquence pélitique, l'épizone (V. métamorphisme).

leptynite n. f. [du gr. *leptunô*, amincir] R. métam. de type gneissique, de teinte claire, assez homogène et à grain fin, compacte et à foliation peu marquée, fréquemment à débit en pavés, composée de quartz et feldspath alcalin dominants, souvent riche en grenat pauvre en mica et/ou amphibole. Elle dérive du métamorphisme de très arkosiques (paraleptynite) ou de granites (ortholeptynite), en général, il s'agit de la catazone; les leptynites à cordiérite et/ou grenat, et sans biotite, définissent parfois l'ultrazone (V. métamorphisme, isograde et zone); roche voisine: granulite.

gneiss n. m. [vieux terme des mineurs allemands] - R. métam., du métamorphisme général, très commune, méso- à catazonale le plus souvent, à grain moyen ou grossier (du mm au cm), à foliation souvent nette caractérisée par des lits généralement de teinte sombre, riches en minéraux ferromagnésiens (micas, amphiboles...), alternant avec des lits clairs (blancs, gris, rosés) de quartz et de feldspaths, ces derniers nombreux et visibles à l'œil nu (différence d'avec les micaschistes *). La structure est lépidoblastique pour les lits sombres et granoblastique pour les lits clairs. Les minéraux autres que quartz, feldspaths, et micas peuvent être très variés, et on les mentionne dans la dénomination des gneiss: gneiss à grenat, à sillimanite, à cordiérite, à jadéite... Selon l'aspect, on distingue aussi des variétés: **gneiss granitoïde** à grain grossier et à foliation peu marquée; **gneiss rubané** à lits sombres et clairs réguliers et bien tranchés; **gneiss œillé** à lentilles ovoïdes (1-5 cm) constituées par des porphyroblastes de feldspath ou des amas granoblastiques quartz-feldspath. Selon l'origine, on distingue: les **paragneiss** dérivant de r. sédim.: pélites, grès arkosiques, grauwackes... (séquence pélitique); les **orthogneiss** dérivant de r. magm.: granitoïdes et rhyolites, mais aussi syénites (gneiss syénitique à lits clairs



gneiss

Echantillon de gneiss œillé: foliation marquée par d'abondants micas noirs, et yeux blancs quartzofeldspathiques. Au-dessous, vue en lame mince d'un gneiss fin - fp: feldspath potassique - mi: micas blancs et noirs - q: quartz granoblastique (d'après J. Jung).

de feldspath alcalin, et sans quartz), ou diorites (gneiss dioritiques à lits clairs de plagioclases, et sans quartz). V. aussi les roches voisines: leptynite, kinzigite, granulite. adj. **gneissique; gneissifié, e.**

gneiss inférieurs (zone des -) - Expression ancienne désignant la zone des gneiss à biotite et sillimanite, et définissant la catazone dans la séquence pélitique; la muscovite a disparu selon la réaction: muscovite + quartz ↔ orthose + sillimanite; en général la staurotide et le disthène manquent, par contre les grenats sont abondants (V. métamorphisme).

anatexie n. f. [J.J. Sederholm, 1907] du gr. *anatêksis*, fusion] - Processus par lequel des roches du métamorphisme général, soumises à des températures de plus en plus fortes, subissent une fusion partielle (ou différentielle) donnant des migmatites, puis une fusion totale ou presque donnant un magma (si celui-ci est de nature granitique, sa cristallisation conduira à un granite d'anatexie). Le début de la fusion se produit à des températures dépendant du chimisme des roches, de la pression totale, de la présence ou non de vapeur d'eau (T de fusion plus faible si H₂O en quantité suffisante; V. métamorphisme avec diagrammes P et T). Schematiquement, l'ordre de fusion des minéraux est inverse de l'ordre de cristallisation* fractionnée et des suites* réactionnelles: une roche riche en albite et quartz commence à fondre à une T plus basse qu'une roche à plagioclases basiques. L'anatexie est parfois appelée ultramétamorphisme.

migmatite n. f. [du gr. *migma*, mélange] - Ensemble qui, à l'échelle de l'affleurement et non du petit échantillon isolé, est un mélange de roches de types granite et gneiss, celui-ci en général à grain grossier et à foliation souvent peu marquée ou confuse avec quartz, microcline et oligoclase, myrmekites fréquentes, et selon les cas biotite, muscovite, andalousite, sillimanite, cordiérite, grenat. Ces roches sont à la limite des roches métamorphiques catazonales et des roches magmatiques, et leur genèse est liée

à une anatexie* (fusion) partielle; certaines parties de la roche fondent et constituent alors le **mobilisat** (magma à composition granitique), d'autres restent solides (le **restat** ou les **restites**). Le mobilisat peut migrer et former des filonnets; ceux-ci peuvent se plisser (plis synmigmatitiques), parfois en plis serrés à charnières régulières bien arrondies (plis ptygmatisques). A l'affleurement les migmatites peuvent être homogènes ou hétérogènes car recoupées en tous sens par des filons, souvent aplitiques. Au sein des migmatites on peut distinguer des variétés (aux limites imprécises): les **embréchites**, qui sont encore clairement des gneiss œillés, à foliation nette, à lits granoblastiques de quartz et de feldspath, souvent épaissis ou œillés (porphyroblastes de microcline) à zones granitiques en taches ou en réseau fluu; les **artéri-tes** à structure planaire estompée, à micas en traînées discontinues, et les **nébulites** où les micas sont en amas flous tourbillonnaires; les **agmatites** d'aspect hétérogène, à mobilisat granitique emballant des fragments arrondis ou anguleux, à bords francs ou diffus, des anciennes roches métamorphiques (restites de gneiss, de quartzites...). Ces variétés peuvent être regroupées sous le nom d'**anatexites**, terme dont l'usage se répand de plus en plus. adj. **migmatitique**; n. f. **migmatitisation**; v. **migmatitiser**.

d'après
FOUCAULT & RAOULT
Masson - 1980.

gneiss supérieurs (zone des -) - Expression ancienne désignant la zone des gneiss à deux micas (muscovite et biotite) servant à définir, dans la séquence pélitique, la moitié inférieure de la mésozone (V. métamorphisme).

IV. LES VOSGES au SILURO-DEVONIEN

A. Le Silurien

- Dans les Vosges du Nord
 - . Sur le socle précambrien (série de Villé), on observe une sédimentation à l'Ordovicien-Silurien de mer peu profonde : les schistes de Steige (argiles et grès argileux violacés, puis manifestation d'une sédimentation calcaire).
 - . Ensuite, une lacune jusqu'à la fin du Dévonien inférieure.
- Plus au Sud, aucun témoin n'existe.

B. La phase orogénique calédonienne

- Les Vosges, situées au Sud de l'Europe Calédonienne n'ont pas été atteinte par l'orogénèse calédonienne. On peut seulement penser à des mouvements épirogéniques à la fin du Silurien. Les reliefs se situeraient plus au Nord.

C. Le Dévonien

- Dans les Vosges du Nord, on a déjà cité les formations de la Bruche et du Nord de St Dié avec un volcanisme prépondérant à la base puis une sédimentation de type Culm avec des passés de calcaire corallien vers la fin.
- Dans les Vosges Moyennes, s'il y a eu une histoire stratigraphique siluro-dévonienne, elle a été oblitérée à la fois par les phénomènes d'anatexie et la mise en place des Granites du Paléozoïque Supérieur.
- Dans les Vosges Méridionales, on connaît un Dévonien Schisteux à Chagey (avec volcanisme), à Belfort et à la base de la série allochtone de la ligue des Klippes (notamment au Thalhorn).

V. LE VISEEN DES VOSGES

Un "Maelstrom" Géologique.

Au Dinantien, les Vosges Septentrionales sont en bordure de l'Europe Calédonienne. (On y observe des Schistes-phanites et grès du Viséen). Dans les Vosges moyennes, les traces d'une histoire dinantienne ont été oblitérées par les phénomènes d'anatexite, de migmatisation (Migmatites du Kayserberg) et par la mise en place de granites postérieurs. Une tectonique tangentielle vers le Sud a aussi contribué à cette oblitération. C'est dans les Vosges méridionales que l'histoire dinantienne peut se lire.

Au tournaisien, se font sentir les conséquences de la phase bretonne qui a plissé les séries dévoniennes. Il y a LACUNE du TOURNAISIEN.

Un tableau résume l'organisation de ces diverses séries (cf. M. COULON et al, 1978). Il faut souligner l'importance de la phase orogénique Sudète précoce (phase vosgienne) qui met en discordance le Viséen Supérieur sur le Viséen moyen et inférieur et voit une modification de la nature du volcanisme.

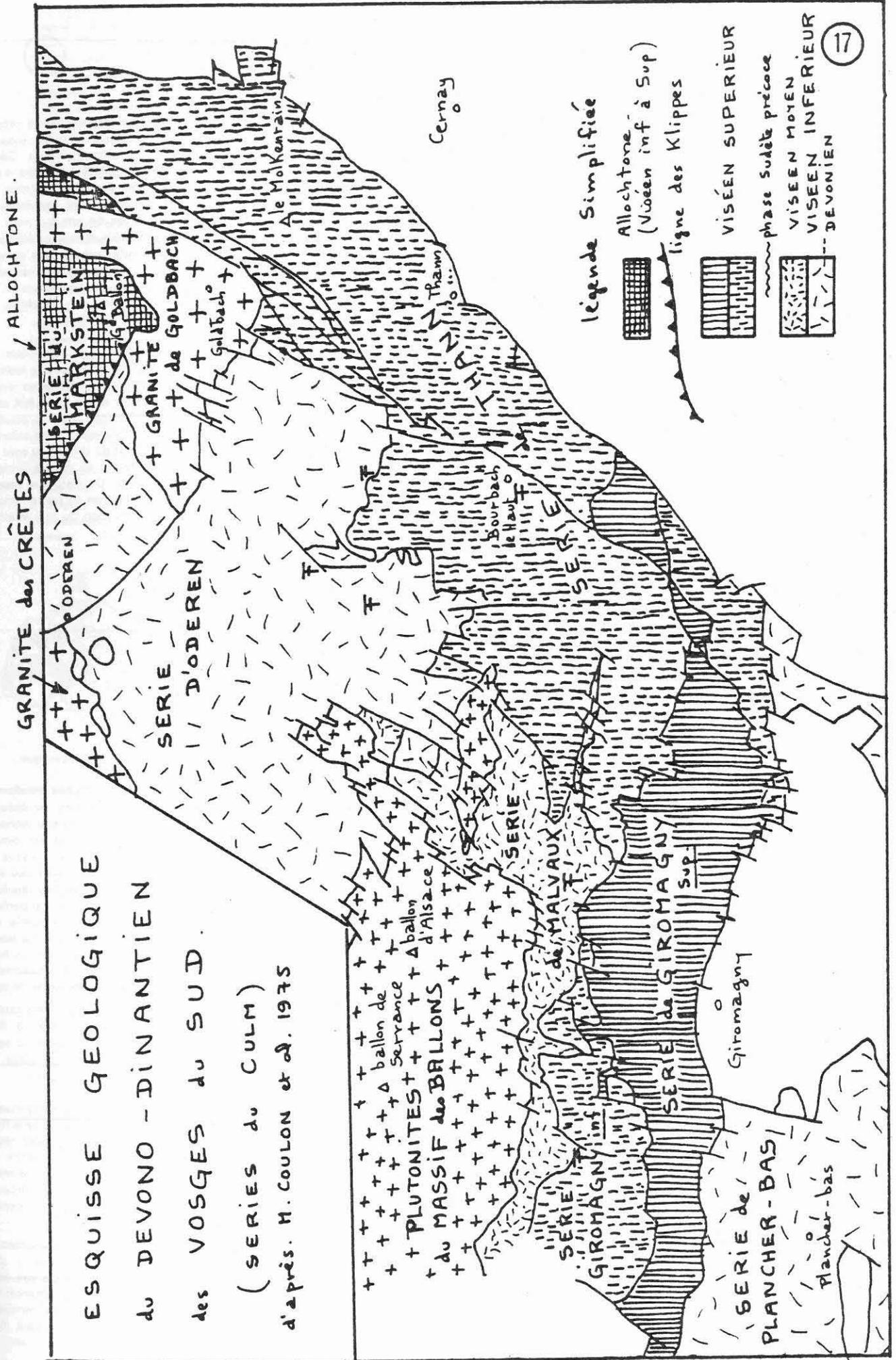
Résumé chronologique des événements géologiques durant le Viséen des Vosges méridionales

Stratigraphie	Chronologie			Tectonique	Volcanisme	Sédimentation
	micro-faunes	macro-faunes	macro-flores			
Partie terminale de la série de Giromagny			Viséen	évolution vers l'émission par oscillation	rhyodacitique (tufs et ignimbrites) au toit, trachytique et trachy-andésitique, intercalé entre épisodes sédimentaires	détritique, littorale, fine à grossière (grauwackes et pélites). Episodes sédimentaires granulométriquement définis, alternant avec le volcanisme souvent aérien
partie initiale de la série de Giromagny et série de Thann, équivalente latérale	Cremillot	limite V3a/ V2b	base V3	Viséen	réaction distensive locale. Subsidence différentielle	détritique, littorale, fine à grossière (grauwackes et pélites), venues conglomératiques, très rares passées carbonatées, phénomènes volcano-sédimentaires
					phase de compression	labradoritique et andésitique
discordance						
série de Malvaux	V2a sup.			Viséen	spilitique et kéraatophyrique, rhyolitique intercalé	- au sommet : détritique fine à grossière, venues bréchiques dans quelques zones à sédimentation carbonatée - à la base : phénomènes volcano-sédimentaires
	V2a inf.					
partie terminale de la série d'Oderen	V2a inf.			Viséen	spilitique et kéraatophyrique	détritique à dominante fine (pélites et quelques grauwackes grossières), venues conglomératiques, intercalation de lentilles calcaires. Présence de caractères franchement marins
partie initiale de la série d'Oderen vallée de la Thur				Viséen	-	à dominante arénitique (grauwackes à ovoïdes de Moosch)

ESQUISSE GÉOLOGIQUE
DU DEVONO - DINANTIEN
DES VOSGES DU SUD.

(SÉRIES DU CULM)

d'après. H. COULON et al. 1975



légende Simplifiée

Allochtonne -
(Vibéen inf à Sup)



ligne des Klippes



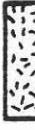
VISEÉN SUPERIEUR



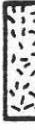
phase Sudète précoce



VISEÉN MOYEN



VISEÉN INFÉRIEUR
DEVONIEN



17

Culm n. m. [nom gallois désignant un charbon, cf. angl. *coal*, charbon] - Faciès détritico (parfois flysch) du Carbonifère inf., s'opposant aux faciès calcaires. L'orthographe allemande *Kulm* est parfois employée en français. V. tabl. stratigraphie.

flysch n. m. [d'un nom suisse de ce type de terrain qui glisse facilement sur les versants; cf. allem. *fließen*, couler] - Formation sédimentaire détritico, souvent épaisse, composée essentiellement d'un empilement de turbidites*, typiquement en concordance avec les couches sous-jacentes, et déposée dans une zone orogénique aujourd'hui tectonisée. Les flyschs sont souvent impliqués dans d'importantes nappes de charriage. Leur mode de sédimentation est à rapprocher de celui des actuels deltas sous-marins profonds. D'après la nature de leurs turbidites, on distingue souvent les **flyschs proximaux** (les plus grossiers, car les plus proches des zones d'apports détritico) et les **flyschs distaux** (les plus fins car les plus éloignés). Le **wildflysch** est un flysch où l'on trouve des blocs de tailles très diverses enveloppés, d'une manière désordonnée, dans une matrice argileuse. Une couche présentant ces caractéristiques est une fluxoturbidite, faciès le plus proximal de ce type de sédimentation. N. B. Vassoevitch (1948) a proposé une classification où, à partir de ce dépôt et en s'éloignant de la zone d'apport, on trouverait successivement, le matériel devenant moins grossier, et les turbidites moins typiques: l'**hyperflysch**, l'**orthoflysch**, le **métaflysch**, l'**hémiflysch** et le **cryptoflysch** (ces deux derniers forment le **subflysch**). adj. **flyschoidé** (ayant l'aspect d'un flysch). V. aussi molasse, contourite.

molasse n. f. [origine discutée: de meule, ou du lat. *mollis*, mou] (parfois orthographié mollasse) - Formation sédimentaire détritico, épaisse, composée pour parties de couches terrigènes non turbiditico (grès, conglomérats), déposée dans une zone orogénique en fin, de tectonisation, et typiquement en discordance avec les couches sous-jacentes. Les molasses sont le plus souvent tectoniquement autochtones.

turbidite n. f. [du lat. *turbidus*, trouble] - Couche de sédiments détritico déposée en une fois par un courant de turbidite. Son épaisseur est de l'ordre de quelques décimètres, parfois d'un ou deux mètres, rarement plus. Sous sa forme la plus complète, une turbidite peut être décrite par la **séquence type de A. Bouma** qui comprend cinq intervalles, de bas en haut: **A**: grossier et granoclassé; **B**: gréseux, fin et laminaire; **C**: fin, convoluté ou ondulé; **D**: silteux, fin et laminaire; **E**: argileux. Cette séquence type est souvent incomplète, et l'examen des séries qui en sont formées (**analyse séquentielle**) donne des indications sur les conditions de la sédimentation: près de la source des apports, l'intervalle **A** est spécialement développé (turbidites proximales), loin de celle-ci, (turbidites distales) il est absent. Le matériel dont sont formées les turbidites est le plus souvent quartzeux, mais parfois calcaire (calcaires alioclastiques). On en connaît aussi bien en milieu marin que lacustre. Elles constituent à peu près l'intégralité des formations de type flysch, une partie de celles de type molasse. V. aussi courants de turbidite, fluxoturbidite, flysch, adj. turbiditico.

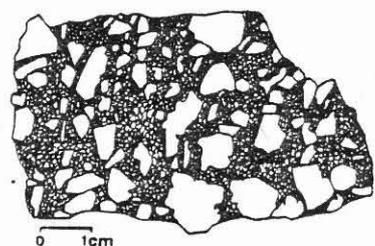
fluxoturbidite n. f. [Ph. H. Kuenen, 1958, du lat. *fluxus*, écoulement, et de turbidite] - Turbidite caractérisée par un matériel détritico très grossier, peu granoclassé, pauvre en argiles. On l'interprète comme un dépôt proche des sources d'apport terrigène, et se formant, p. ex., au débouché des canyons sous-marins ou dans ceux-ci. V. flysch.

courant de turbidite - Masse d'eau contenant en suspension des matériaux détritico terrigènes, et qui, du fait de sa densité ainsi rendue plus forte que celle des masses d'eau environnantes, descend par gravité les pentes marines ou lacustres et vient s'épancher sur le fond où, sa vitesse diminuant, se sédimentent alors les éléments transportés en donnant des **turbidites**. Ces courants de turbidite ont un rôle important dans la sédimentation des marges continentales: nourris par les sédiments détritico déposés sur les plateaux continentaux, ils dévalent les canyons sous-marins à grande vitesse (jusqu'à 100 km/h) et viennent former, sur le glaciaire continental, des deltas sous-marins. Les éléments les plus fins vont se sédimenter jusque dans les plaines abyssales, ce qui explique l'absolue planéité, ou sont repris par des courants de contour pour donner des contourites*. V. turbidite, et flysch.

d'après
FOUCAULT & RAULT
Messon - 1980.

brèche n. f. [de l'ital. *breccia*, pierre cassée; cf. allem. *brechen*, briser] - Géogr.: passage en gorge dans une arête rocheuse. Géol.: toute r. formée pour 50% au moins d'éléments anguleux de diamètre > 2 mm (cf. rudite) pris dans un ciment (microbrèche pour des éléments de 64 µm à 2 mm). La brèche est monogénico si tous les éléments sont de même nature, polygénico dans le cas contraire. On connaît des brèches sédimentaires, tectoniques et volcaniques (V. infra). v. (se) **bréchifier**; adj. **bréchifié**, e. **bréchico**; n. f. **bréchification**.

brèche sédimentaire - R. détritico du groupe des conglomérats (classe des rudites) formée par accumulation d'éléments ayant subi un transport faible et qui, de ce fait, sont restés anguleux (différence avec un poudingue); ces roches sont d'aspect varié selon la nature des éléments et du ciment, et sont en général mal stratifiées et en dépôts lenticulaires (V. conglomérat). On distingue essentiellement: - 1. les **brèches de pente**: éboulis cimenté, en général non ou mal stratifié



brèche sédimentaire monogénico

(V. aussi grèze) - 2. les **brèches intraformationnelles** (ou fausses brèches, ou pseudo-brèches), sédimentaires, en général monogénico, avec des éléments et un ciment ayant tous la même nature ou presque (le caractère bréchico étant souvent peu visible). Le plus souvent, ces brèches résultent de la fragmentation d'un banc superficiel déjà induré, avec déplacement faible des débris, rapidement cimentés par les boues dont la sédimentation se poursuit. La fragmentation a des causes variées: glissements (slumping), jeux de petites failles et de séismes, houles exceptionnelles, dessiccations successives de sédiments formés à fleur d'eau, ... - 3. les **brèches éluviales**, ou agrégats cimentés à l'air libre, et sur place, de fragments des roches sous-jacentes.

brèche tectonique (ou br. cataclastico) - Brèche, non sédimentaire, résultat de la fragmentation des roches dans un contact tectonique les débris ayant été cimentés sur place (ciment, en général cristallin, de précipitation chimico à partir des eaux circulantes facilement dans la zone broyée) V. mylonite.

brèche volcanico - Brèche à ciment de cendres et lapillis, et à fragments de r. magm. volcaniques, avec parfois des débris des roches encaissantes. La fragmentation a des causes variées: explosions, remise en mouvement de lave à croûte déjà figée, écoulement superficiel... V. aussi lahar.

nappe (de charriage) [M. Lugeon, 1902] (Syn. désuet : nappe de recouvrement, M. Bertrand, 1884) - Ensemble de terrains qui a été déplacé (**allochtone**) et est venu recouvrir un autre ensemble (**autochtone**) dont il était très éloigné à l'origine. Ce terme implique habituellement que les séries ainsi mises en contact ont, à âge égal, des caractères très différents (**hétéropisme**). Les parties les plus avancées forment le **front** de la nappe, le reste en constitue le **corps**. L'amplitude du recouvrement est la **flèche**. Une nappe peut présenter des **fenêtres** montrant l'autochtone complètement entouré par l'allochtone (s'il n'est pas complètement entouré, on parle de **demi-fenêtres**). Elle peut comporter des lambeaux isolés ou **klippes**. Lors de son avancée, elle arrache parfois à son substratum, et entraîne sous elle, des **lambeaux de poussée**. Postérieurement à la mise en place d'une nappe, des **plis postnappes** peuvent la déformer, et des **dépôts postnappes** la recouvrir; lorsque ces derniers reposent sur le contact anormal de base de la nappe, ils permettent d'assigner à cette dernière un âge minimal. Dans les zones internes de certaines chaînes, on a souvent superposition de plusieurs nappes dont l'ensemble a été affecté de phases tectoniques plus récentes (phases tardives, ou phases postnappes) avec écaillage, encapuchonnement, failles,.... Les édifices structuraux

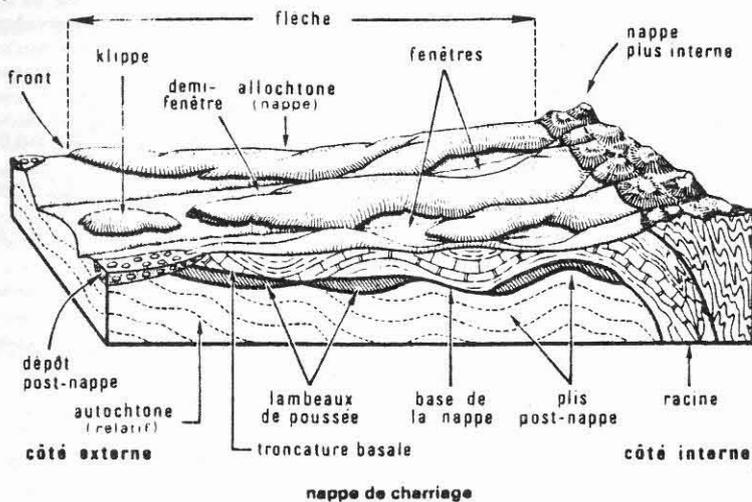
chevauchement n. m. -1. Mouvement tectonique conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre par l'intermédiaire d'un contact anormal peu incliné (surface de chevauchement) -2. recouvrement résultant de ce mouvement. Un chevauchement de grande amplitude devient un charriage (V. ce mot). v. (**se**) **chevaucher**; adj. **chevauchant, e** (pour l'ensemble situé au-dessus du contact); **chevauché, e** (pour celui situé au-dessous).

charriage n. m. - Chevauchement de grande amplitude (de la dizaine à la centaine de kilomètres, et au-delà); on considère généralement qu'il y a charriage à partir du moment où les séries mises en contact par le chevauchement ont, à âge égal, des caractères très différents (V. **hétéropie**). cf. **écaille**; v. **charrier**. adj. **charrié, e**.

charriage (nappe de -) - V. **nappe (de charriage)** (fig.).

charriage (surface de -) - V. **surface (de chevauchement)**.

charriage sur relief (Syn. de **charriage épi-lyptique**) - « Charriage sur une surface pourvue de relief ou antérieurement sculptée par l'érosion » (Acad. des Sciences).



ainsi obtenus sont très complexes, et donnent lieu à des interprétations variées, et parfois opposées. Selon les modalités de formation et l'origine des nappes, on distingue en particulier les types suivants :

- 1. **nappe de couverture** : nappe affectant une couverture décollée de son socle (V. tectonique de couverture).
- 2. **nappe de socle** : nappe de charriage dans laquelle est impliqué le socle ancien déjà déformé au cours d'une phase tectonique antérieure, accompagné ou non de sa couverture.
- 3. **nappe pennique** (du nom des Alpes pennines) : nappe formée de grands plis couchés dans lesquels le socle et sa couverture ont le même comportement (ils sont en général affectés par un métamorphisme synschisteux de même degré). La présence de ces nappes définit le style pennique.
- 4. **nappe du premier genre** [P. Termier, 1906] : nappe de charriage ayant la structure d'un pli couché et en dérivant, c'est-à-dire possédant un flanc inverse et un flanc normal, ou au moins des portions de ceux-ci (terme peu usité)
- 5. **nappe du second genre** [P. Termier, 1906] : nappe de charriage ne possédant pas de flanc inverse (terme peu usité).

allochtone [du gr. *allos*, autre, et *khnō*, terre, prononc. allok] - 1. n. m. et adj. sens général : venu d'ailleurs.

2. adj. : s'applique à une roche sédimentaire ou à l'origine de celle-ci, lorsque ses composants ont été arrachés à une roche

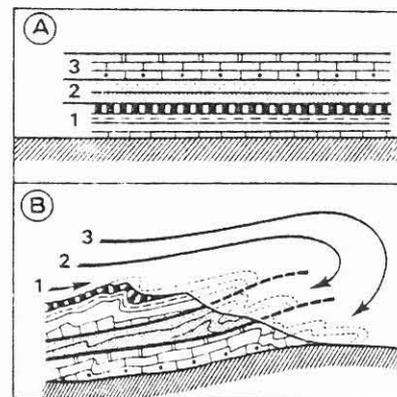
autochtone [du gr. *autos*, de soi-même, et *khnōn*, terre, prononc. autok] - 1. n. m. et adj. sens général : formé sur place.

2. adj. : s'applique à une roche sédimentaire ou à l'origine de celle-ci lorsque ses composants ont été déposés ou élaborés sur place et n'ont pas été arrachés à une autre roche. Ex. : l'origine autochtone des latérites; les calcaires récifaux sont des roches autochtones.

3. n. m. et adj. : terrains qui n'ont pas été sensiblement déplacés par des mouvements tectoniques depuis leur formation. Notamment ils n'ont pas été transportés d'un substratum sur un autre comme le sont p. ex. les nappes de charriage. Ant., dans tous les cas allochtone. n. f. **autochtonie**.

autochtone relatif - Ensemble de terrains dont on se sert comme référence pour caractériser le mouvement relatif d'autres terrains qui par rapport à eux, sont allochtones. On emploie souvent ce terme pour désigner l'élément le plus bas d'un empilement de nappes de charriage dont on ne sait pas s'il est réellement autochtone ou s'il est lui-même charrié sur un substratum qu'il cache entièrement. V. **paraautochtone**.

diverticulation n. f. [M. Lugeon, 1943, du lat. *diverticulum*, chemin écarté] - Phénomène par lequel un ensemble de couches sédimentaires se divise à peu près parallèlement à la stratification, en donnant deux ou plusieurs unités indépendantes qui, typiquement, viennent s'empiler de telle sorte qu'elles soient d'autant plus élevées qu'elles comportent des terrains plus anciens. Il y a inversion de l'ordre initial de superposition mais chaque unité est dépendant en série normale. v. (**se**) **diverticuler**; n. m. **diverticule** (unité tectonique résultant d'une diverticulation); adj. **diverticulé, e**.



diverticulation
Coupes schématiques avec : - A. série avant les chevauchements - B. après.

écaille (tectonique) n. f. [du goth. *skalja*, tuile] - Ensemble chevauchant en forme de lame (épaisse de quelques dizaines ou centaines de mètres, longue et large de quelques hectomètres ou kilomètres) qui a été peu déplacé par rapport à un autre ensemble de référence, autochtone ou allochtone. Lorsqu'on a plusieurs écailles empilées, la faible amplitude de leurs déplacements relatifs est montrée par le fait que les caractères des terrains varient peu et progressivement d'une écaille à l'autre. V. aussi **duplication**. v. (**s'**) **écailler**; n. m. **écaillage, écaillage**; adj. **écaillé, e**.

d'après
FOUCAULT et RAOULT
Masson - 1980
Dictionnaire de Géologie

VI. LE CARBONIFERE SUPERIEUR des VOSGES

Le Carbonifère supérieur des Vosges (que nous ne verrons pas au cours de cette excursion) n'est observable que dans de petits bassins résiduels, protégés dans des zones d'effondrement.

Le bassin de Ronchamp (Stephanien) a été l'objet d'une exploitation de charbon. Le bassin de Saint-Hippolyte, sous le château du Haut-Koenigsbourg, est riche en Uranium.

Dans divers bassins, on peut déceler le rôle des diverses phases orogéniques du Carbonifère Supérieur ; ceci prouve que les Vosges ont subi une succession d'événements orogéniques importantes depuis la phase sudète.

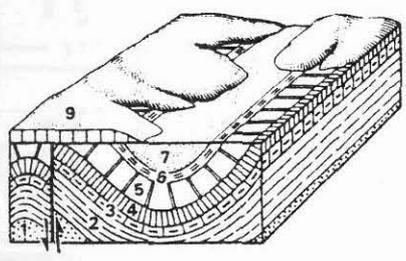
La phase de l'Erzgebirge se lit dans le bassin de Saint Hippolyte ou après un Namurien Supérieur Continental, on observe une lacune jusqu'au Westphalien Supérieur.

La phase Asturienne se démontre par une lacune entre la base du Westphalien D et le sommet du Stéphanien A. De plus, des filons intrusifs dans le westphalien se retrouvent en galets dans le stéphanien (au N. de Thannenkirch).

La phase Saalienne est aussi présente dans les Vosges Septentrionales où l'Autunien repose directement sur le socle.

Enfin, à la limite du Saxonien et du Thuringien, une tectonique distensive permet la mise en place du volcanisme permien (rhyolite, ignimbrite,...).

discordance n. f. (stratigraphique ou de stratification) [du lat. *discordare*, être en désaccord] - Repos stratigraphique d'une formation sédimentaire sur un substratum plissé ou basculé antérieurement par des efforts tectoniques, et en partie érodé. Il est important de préciser l'échelle de dimension à laquelle on s'adresse : une discordance peut s'observer très bien régionalement alors que localement, on est en présence de couches concordantes, c'est le cas par exemple pour des couches qui viennent reposer en discordance sur des plis droits au niveau du cœur de ceux-ci (V. *accordance*). Inversement, on peut observer localement sur quelques mètres, des ravinements de couches qui ne correspondent pas à une discordance générale mais simplement à des érosions sous-marines ou à des phénomènes localisés de petits replis ou de slumping, etc... Il faut réserver le mot de discordance à des phénomènes stratigraphiques. Le vocabulaire tectonique possède des termes pour désigner des structures d'aspect comparable mais qui n'ont aucun rapport (V. *troncature*, *cisaillement*). Une discordance régionale typique exige une succession de phénomènes : - 1. période de sédimentation - 2. phase tectonique avec plissement qui peut être accompagné ou suivi de phénomènes éruptifs ou métamorphiques - 3. émergence et constitution d'une surface d'érosion - 4. période de sédimentation marine ou continentale; la surface d'érosion élaborée en 3 est alors devenue une surface de discordance. Sur une carte géologique, une formation discordante peut être mise en évidence par le fait que : - 1. elle est en contact stratigraphique (contact normal) avec diverses formations plus anciennes qu'elle cache - 2. sa limite de base interrompt les contours de ces formations plus anciennes. Ant. *concordance*; V. aussi *accordance*, *inconformité*. adj. *discordant*, a.



discordance

La couche 9 est stratigraphiquement discordante sur les couches 1 à 7, plissées et faillées; il y a une lacune de la couche 8

discordance angulaire - Discordance entre deux séries sédimentaires dont les pendages au même point sont différents de part et d'autre de la surface de discordance.

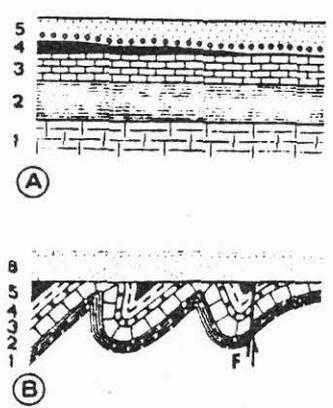
discordance de ravinement Lacune marquée par un ravinement du substratum par les couches sus-jacentes. On déconseille généralement l'emploi de ce terme dont le sens est très éloigné de la discordance proprement dite : des couches pourraient en effet être à la fois en concordance et en discordance de ravinement. Il n'ajoute rien à ravinement qu'on doit lui préférer.

phase (tectonique) - Ensemble de manifestations tectoniques d'une certaine importance affectant de vastes régions, au cours d'un bref laps de temps, et séparant deux longues périodes durant lesquelles, au contraire, les déformations structurales sont absentes ou peu marquées. Une phase tectonique se traduit par des plissements, voire des nappes de charriage, et peut être accompagnée d'une granitisation, et d'un métamorphisme. Elle est généralement caractérisée par une discordance importante des couches postérieures, qui viennent reposer sur les terrains affectés par les plissements. Son âge est donc compris entre celui de la plus récente couche plissée, et celui de la première couche discordante sur les structures dont la phase est responsable. Il peut être aussi connu par la détermination de l'âge radiométrique des roches métamorphiques ou des roches éruptives correspondantes. Plusieurs phases peuvent se succéder dans l'édification d'une même chaîne, p. ex. pour la chaîne hercynienne, on observe successivement les phases bretonne, sudète, asturienne et saillienne. On a l'habitude, notamment après H. Stille, de donner aux phases importantes des noms rappelant généralement un lieu où elles sont bien caractérisées (V. *tabl. stratigraphie*). Le caractère discontinu de ces phases s'oppose à celui, continu, du mouvement des plaques lithosphériques. Les rapports entre ces deux phénomènes ne sont pas encore bien connus, les phases tectoniques correspondant peut-être, le plus souvent, à des phénomènes de collision.

cycle orogénique (ou cycle tectonique) - Succession des événements qui voient se former puis se détruire une chaîne de montagne. Typiquement, un cycle orogénique comprend trois phases : - 1. sédimentation. - 2. orogénèse. - 3. pénéplanation. La base de chaque cycle est ainsi marquée par une discordance majeure sur le matériel affecté par le cycle précédent. Les cycles qui ont affecté les régions européennes sont successivement les cycles cadomien, calédonien, hercynien, alpin, chacun d'eux étant marqué par un certain nombre de phases tectoniques. Le rapport entre ces cycles tectoniques et la tectonique de plaques n'est pas encore clair, mais on peut penser qu'un cycle correspond à l'ouverture suivie de la fermeture d'un domaine océanique. V. au nom de chaque cycle, et *tabl. stratigraphique*; V. aussi *géosynclinal*.

cycle sédimentaire - Période comprise entre une transgression et une régression. Un cycle sédimentaire n'indique pas obligatoirement l'existence de mouvements orogéniques, et, de ce fait, les couches de deux cycles sédimentaires successifs peuvent être concordantes. P. ex., en France, le Jurassique correspond à un grand cycle sédimentaire qui débute au Lias, et se termine au Portlandien (comme l'indiquent les faciès régressifs purbeckiens du Jura).

lacune n. f. (stratigraphique) [du lat. *lacuna*, manque] - Dans une série sédimentaire, absence des dépôts correspondant à un certain laps de temps. Ce phénomène peut s'expliquer par une interruption de la sédimentation sur le fond sous-marin (par ex. si les courants de fond empêchent les particules d'y demeurer), par une érosion de ce fond (par des courants assez puissants, ou par des glissements de matériel encore boueux), par une émergence des dépôts accompagnée ou non de plissement (dans ce dernier cas, on observera aussi une discordance *). V. aussi *inconformité*.



lacune

(coupes schématiques) - A. lacune qui peut résulter d'une régression suivie d'une transgression : la couche 4 manque à droite de la figure (elle peut ne pas s'être déposée ou avoir été érodée) - B. lacune liée à une discordance : sous la couche 8, qui est discordante, il manque les couches 6 et 7, et selon les points certaines des couches 2 à 5 qui ont été érodées avant le dépôt de 8.

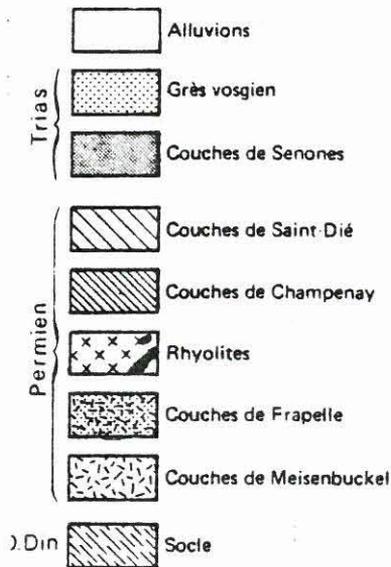
d'après
FOUCAULT & RAULT
Masson - 1980 -

VII. LE PERMIEN des Vosges.

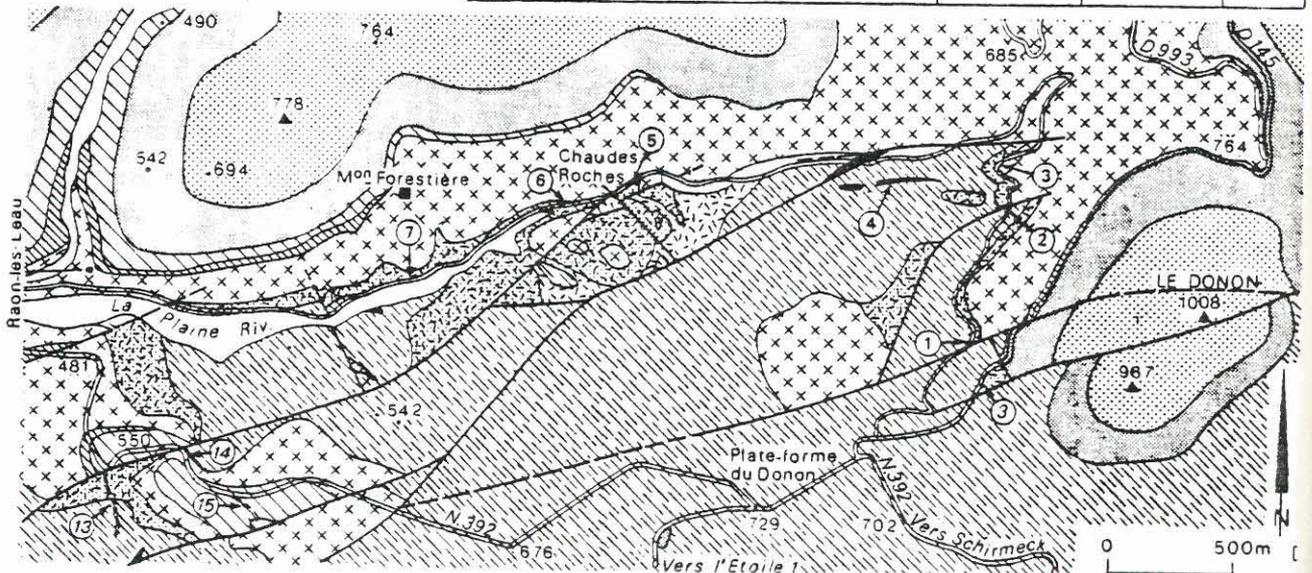
Tableau 4.
LITHOSTRATIGRAPHIE ET CARACTÈRES GÉOLOGIQUES DU PERMIEN
ET DU BUNTSANDSTEIN INFÉRIEUR ET MOYEN DE LA RÉGION DU DONON
Essai de corrélation avec le Permien du Nideck et du Bassin de Villé.

22

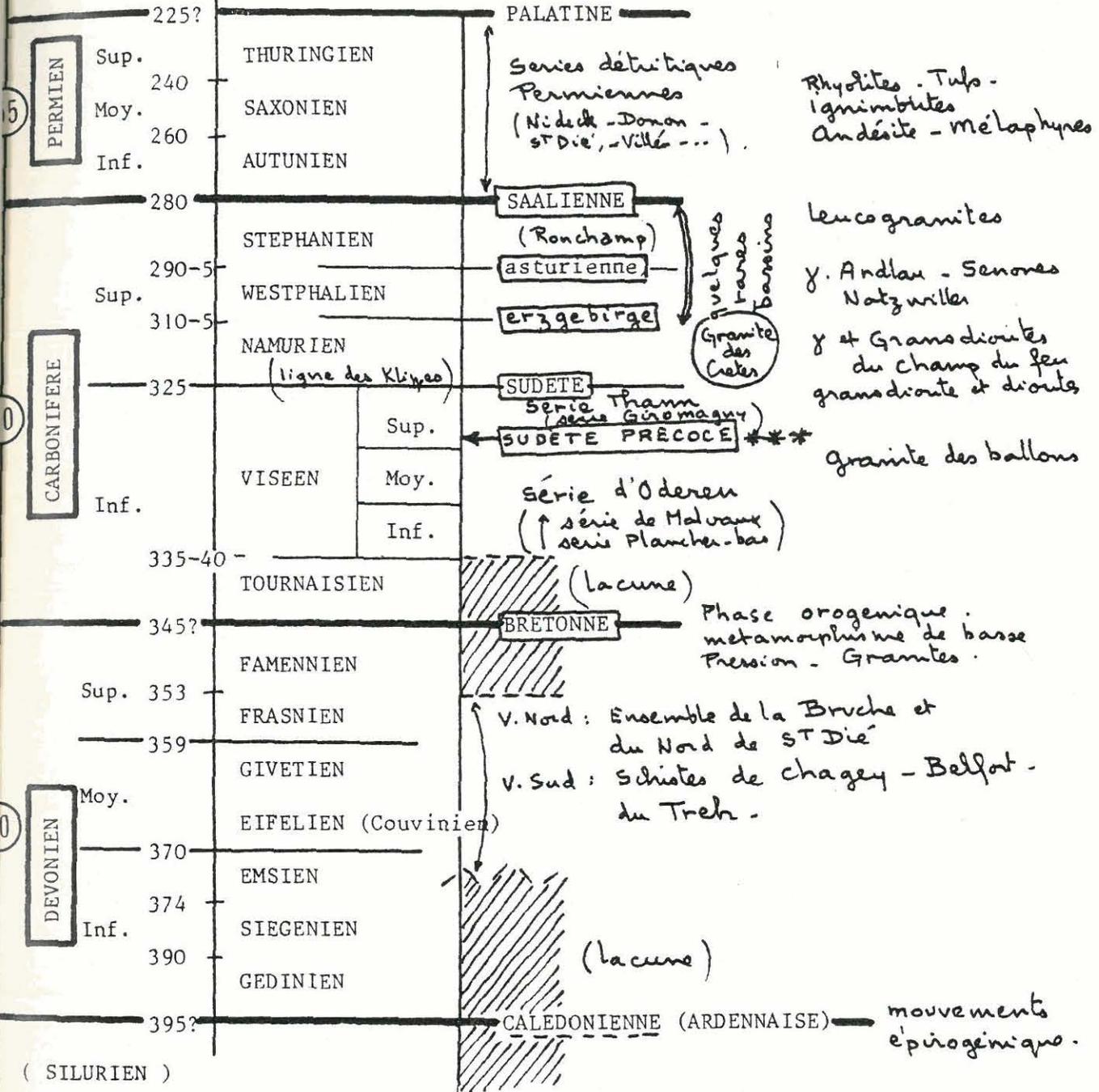
d'après
J. HILLY et B. HAGENAUER
Lorraine - Champagne
Guides Géologiques
Manson - 1980. p. 74-75



	FORMATIONS DE LA SÉRIE-TYPE (d'après Hollinger, 1970)	CARACTÈRES LITHOLOGIQUES	NIDECK		BASSIN de VILLÉ
			Mihara (1935)	Guide « Vosges »	Guide « Vosges »
BUNTSANDSTEIN - MOYEN	Grès vosgien 200 m (Vallée Plaine) à 260 m (Vallée Sarre)	Grès roses à grains moyens, bien classés et arrondis, à ciment siliceux, à galets épars.			Trias
	Conglomérat inférieur 0 à ≈ 10 m	Conglomérat rose à violacé, mal cimenté, à petits galets anguleux de quartz et quartzites.			
BUNTSANDSTEIN - INFÉRIEUR	Grès de Senones Sarre : 75 à 90 m Plaine : 90 à 120 m Donon : > 50 m	Arkoses rouges avec taches de décoloration, à grains moyens à fins, et ciment argilo-ferrugineux ; stratification généralement nette : horizontale ou oblique. Quelques petits bancs conglomératiques épars, caverneux, à petits galets de quartz anguleux.	Formation supérieure	Assise de Kohlbaechel	Assise de Kohlbaechel
	Brèches de Saint-Dié 0 à 40 m	Arkoses bréchiques rouge-violacé à grands feldspaths et galets granitiques, rhyolitiques et quartzeux, à stratification peu apparente. Vers le sommet, ciment et nodules dolomitiques ; parfois cornaline.			
	Grès de Champenay 0 à 10 m	Grès jaunâtres à rosés à grains fins à moyens, bien classés et assez arrondis ; en dalles. Vers la base, interstratification de tufs rhyolitiques.			
PERMIEN ET THURINGIEN SUPÉRIEUR	« Rhyolites » normales 0 à 150 m	Rhyolites rouge sombre, fluidales à ignimbritiques, à phénocristaux de sanidine (mais pas de quartz) + quelques biotites et fantômes de pyroxène orthorhombique.	Venues principales	Agglomérat de base	Lacune (?)
	Arkoses de Frapelle 0 à 60 m	Tufts rhyolitiques bariolés, de même nature que les rhyolites normales, avec projection de blocs de Dévono-Dinantien. Arkoses grossières rouges (peuvent manquer) + quelques lentilles argileuses rouges tachetées. Conglomérats clairs (verts à roses) et fangomérats à débris anguleux de roches dévono-dinantiennes locales et gros galets, ronds, de tufts rhyolitiques hyperacides.			
	Tufts de Meisenbuckel 0 à > 40 m (Rhyolite du Blancrupt ?)	Tufts roses, granoclassés, en dalles régulières. Tufts bariolés friables. Tufts hyperacides blanchâtres en dalles irrégulières.	Leucorhyolite à faciès de microgranite, à phénocristaux de quartz et sanidine (sans pyroxène).	Formation moyenne	Assise de Kohlbaechel



(TRIAS)



V. Nord Vosges Septentrionales
 V. Moy Vosges Moyennes
 V. Sud Vosges méridionale.

phase orogénique

métamorphisme n. m. [de méta-, et du gr. *morphé*, forme] - Transformation d'une roche à l'état solide du fait d'une élévation de température et/ou de pression, avec cristallisation de nouveaux minéraux, dits néoformés, et acquisition de textures et structures particulières, sous l'influence de conditions physiques et/ou chimiques différentes de celles ayant présidé à la formation de la roche originelle. Les phénomènes métamorphiques sont multiples et complexes, et les roches métam. très variées, d'où une typologie et une nomenclature complexes elles aussi. On distingue fondamentalement deux grands types de métamorphisme :

- 1. le **métamorphisme général** (ou régional) : il affecte l'ensemble des roches sur des épaisseurs et des surfaces importantes. Ainsi, dans les domaines non plissés, la base des séries sédimentaires épaisses de plusieurs kilomètres subit un métamorphisme, dit **statique** ou **d'enfouissement**, peu marqué et sans déformations. Dans les grandes chaînes plissées, le métamorphisme est responsable de la formation des ensembles de schistes, de micaschistes et de gneiss (r. métam. cristallophylliennes) qui, le plus souvent, constituent le substratum. Ces roches ont subi des déformations tectoniques marquées, et on parle de métamorphisme général **dynamothermique**.

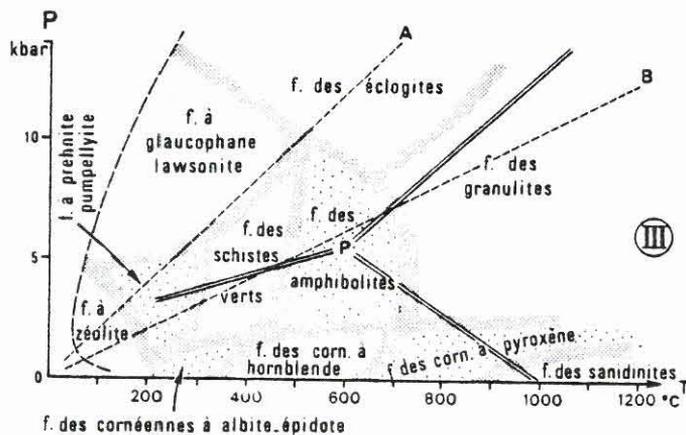
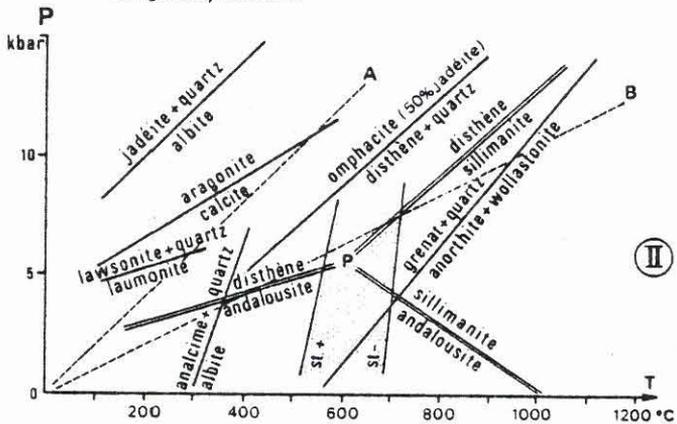
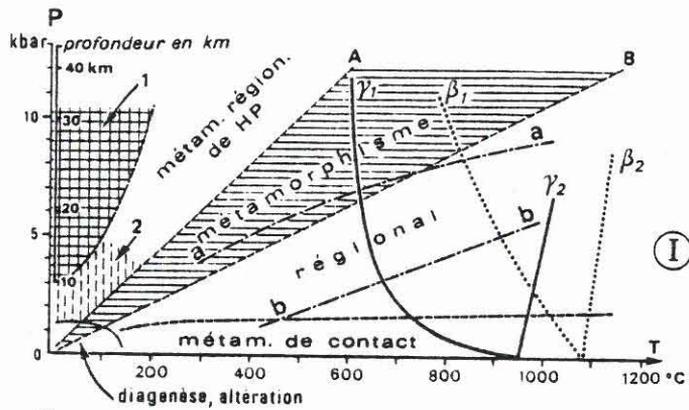
- 2. Le **métamorphisme de contact** : il est localisé au contact des r. magm., et il affecte des enclaves et les terrains traversés. Surtout lié à l'élévation de T, et à la durée de cette augmentation, il est souvent nommé **métamorphisme thermique** ou **thermométamorphisme**. Autour d'un massif intrusif, la zone métamorphosée est épaisse de quelques mètres à quelques centaines de mètres, et son affleurement dessine sur une carte une **auréole de métamorphisme de contact**, à limite externe imprécise, du fait de la décroissance progressive de T et donc du métamorphisme (V. schistes tachetés et cornéennes). Le métamorphisme thermique apparaît aussi aux épontes de certains filons, ou à la base de certaines coulées, mais seulement sur des épaisseurs de quelques millimètres ou centimètres.

Par ailleurs, on connaît aussi les trois types suivants, d'importance très secondaire :

- Le **métamorphisme dynamique** (ou dynamométamorphisme) : il est surtout lié aux contraintes qui se développent dans les grands accidents cassants où les roches acquièrent une schistosité et sont broyées plus ou moins fortement. Ce métamorphisme cataclastique conduit en particulier aux mylonites. Ces phénomènes sont très localisés; s'il n'y a pas d'augmentation de température, il n'y a pas non plus de néoformations minérales significatives, et dans ce cas les mylonites obtenues ne sont pas véritablement des roches métamorphisme.

- Le **métamorphisme hydrothermal** : il est lié à des circulations de fluides (eau surtout) à T élevée, en relation avec des volcans ou des massifs plutoniques, et qui, d'une part réchauffent les roches traversées, et d'autre part leur apportent des éléments chimiques particuliers (V. ci-dessous métam. métagéologique).

- le **métamorphisme d'impact** : il est exceptionnel et dû à la chute de grosses météorites (V. impactites).



métamorphisme

Diagrammes représentant certaines caractéristiques du métamorphisme en fonction de la pression P et de la température T (mêmes échelles P et T sur I, II et III).

- I. Types de métamorphisme - 1 : conditions non réalisées dans la nature - 2 : métamorphisme dynamique - Dans le métamorphisme régional, la zone hachurée entre A et B correspond à un gradient géothermique normal; les courbes aa et bb limitent approximativement de haut en bas les métamorphismes dits de haute pression (HP), de pression intermédiaire, de basse pression (BP). - γ_1 : début de la fusion (solidus), en allant vers la droite du diagramme, du granite en présence de vapeur d'eau saturante - β_1 : début de la fusion du granite en l'absence de vapeur d'eau - β_2 : courbes équivalentes pour le basalte

II Droites d'équilibre de réactions expérimentales entre quelques minéraux de métamorphisme. P : ex la transformation albite - jadéite + quartz se produit vers 200 °C lorsque P passe de 9 à 10 kbar - Le point P est le point triple, situé très approximativement, des silicates d'alumine (andalousite, disthène, sillimanite) - st : staurolite, avec son champ de stabilité (en pointillés) limité par les courbes d'apparition st+ et de disparition st- lorsque T augmente

- III. Champs des principaux faciès minéraux du métamorphisme.

d'après
FOUCAULT & RAOULT
MASSON - 1980

métasomatisme n. m. [de méta-, et du gr. *sōma*, corps] - Métamorphisme*, dit allochimique ou métagéologique, qui s'accompagne d'une modification (**métasomatose**) de la composition chimique globale des roches originelles.

Les subdivisions précédentes montrent que les facteurs du métamorphisme sont :

1. la **température**, qui est le facteur principal, et qui augmente avec la profondeur (V. degré géothermique), et/ou avec la mise en place de roches magm. plutoniques ou volcaniques;

2. la **pression** qui, elle aussi, augmente avec la profondeur (pression générale hydrostatique), mais qui en outre peut augmenter du fait des contraintes (pressions orientées). Cela permet, pour T donné, la cristallisation de certains minéraux, et très souvent leur orientation selon des plans définis, d'où l'aspect particulier feuilleté des r. métam. cristallophylliennes (V. schistosité et foliation). Les pressions partielles de certains fluides (H_2O , CO_2) sont souvent déterminantes pour la cristallisation de tel ou tel minéral.

3. dans certains cas, des apports chimiques; on dit alors que le métamorphisme est **allochimique**, la composition originelle des roches ayant été modifiée par des apports, et des départs, d'éléments, tels Si, Al, Na, K, etc. Ce métamorphisme allochimique est d'extension limitée, et concerne surtout le métamorphisme de contact ou le métamorphisme hydrothermal.

La plus souvent, et en particulier pour les roches du métamorphisme général, on a un métamorphisme **isochimique** (ou topochimique, ou normal), c'est-à-dire qu'à l'échelle de l'échantillon et de la formation, la composition originelle des roches n'a pas été modifiée, excepté pour les teneurs en H_2O et CO_2 qui diminuent lorsque le métamorphisme augmente.

Étant liées à ces divers facteurs, les limites du métamorphisme sont peu tranchées. La **limite inférieure**, correspondant au métamorphisme le plus faible, se situe vers $T = 100$ à $200^\circ C$, et vers $P = 1$ kbar. Les transformations qui affectent les roches à T et P plus faibles correspondent alors soit à la diagenèse, soit à l'altération. La **limite supérieure** est atteinte, par définition, lorsque débute la fusion (V. anatexie) à T et P élevés variables selon les cas, avec en moyenne $T \geq 600^\circ C$ et $P \geq 3$ ou 4 kbar.

La classification et la nomenclature des r. métam. sont complexes car interviennent les caractéristiques des roches originelles et celles du métamorphisme. Ce dernier présente différents degrés, définis par les conditions de T et P, et caractérisés par des **faciès minéraux**, avec apparition et disparition de certains minéraux (compte tenu de la composition chimique des roches considérées). Les principales distinctions ainsi faites sont les suivantes :

autométamorphisme n. m. [du gr. *autos*, de soi-même et *métamorphisme*] Procès particulier, peu fréquent, de transformation de r. magm. finissant de se refroidir en présence de fluides, ces derniers provoquant l'évolution de certains minéraux vers des formes plus hydratées. V. aussi deutérique.

1. selon les **faciès minéraux** : un faciès minéral est défini par l'association de certains minéraux (la **paragenèse**) caractérisant le chimisme d'une roche et le degré de métamorphisme qu'elle a subi. L'étude expérimentale a permis de délimiter plus ou moins bien les champs de T et P où un minéral est stable, et de déterminer, lorsque T et/ou P varient, les réactions chimiques, avec apparition de nouveaux minéraux. A la suite des travaux du finlandais P. Eskola, les principaux faciès minéraux, souvent divisés en sous-faciès, sur lesquels on s'accorde, sont les suivants : - 1.1. **faciès à zéolites** : avec un sous-faciès à heulandite ou à analcime + quartz et un autre, de degré plus élevé à laumontite + quartz - 1.2. **faciès à préhnite et à pumpellyite avec ces minéraux**, du quartz et apparition possible de l'épidote - 1.3. **faciès des schistes verts** à chlorite, muscovite, amphiboles (trémolite, actinote), plagioclases acides ($An < 20$: albite, oligoclase) et à la limite supérieure apparition de biotite - 1.4. **faciès des schistes à glaucophane - lawsonite** (schistes bleus) avec des sous-faciès à pumpellyite vers la limite inférieure, à jadedite et quartz à P plus élevée - 1.5. **faciès des amphibolites** à hornblende verte, avec épidote et albite dans le sous-faciès inférieur, ou avec plagioclase plus basique ($An > 20$) dans le sous-faciès supérieur; les micas sont stables et c'est la zone de P-T où se situe le point triple des silicates d'alumine (andalouite, sillimanite, disthène) - 1.6. **faciès des granulites** avec orthopyroxène, plagioclase basique et grenat (almandin - pyrope), et suivant les cas disthène ou sillimanite - 1.7. **faciès des éclogites** avec omphacite et grenat (almandin-pyrope) - 1.8. **faciès des cornéennes** qui suivant la T contiennent albite et épidote, ou hornblende verte, ou pyroxène et grenat (grossulaire) - 1.9. **faciès des sanidinites** avec feldspaths sanidine et albite. Noter que ces faciès minéraux ont été définis dans des séries métam. (séquence) de r. magm. basiques (basaltes, gabbros,...) mais s'appliquent aux roches d'autres séquences, les termes utilisés définissant alors seulement un champ de P et T : ainsi une roche appartiendra au « faciès des amphibolites » si ses minéraux indiquent les P et T de ce faciès, alors même que, pour des raisons de chimisme, elle ne contient pas d'amphibole.

d'après
FOUCAULT et RAOULT
Mazson - 1980
Dictionnaire de Géologie

2. selon les **zones** et les **isogrades** du métamorphisme : en liaison avec les faciès minéraux précédents, une zone correspond à un volume de terrain présentant un certain degré de métamorphisme; sur une carte, les limites de ces zones sont des **isogrades** (courbes de même degré) que l'on nomme, en général, d'après un minéral. P. ex. : l'isograde « chlorite - » correspond à la disparition de la chlorite au passage dans une zone de plus fort degré, l'isograde « biotite+ » correspond à l'apparition de la biotite. La reconnaissance et la représentation de ces zones est la **zonéographie**. Classiquement dans le métamorphisme général, et en se référant à la séquence péritique, on distingue :

2.1 l'**anchizone**, formant transition entre la diagenèse et le métamorphisme net, pour $T = 100^\circ$ à $200^\circ C$, et $P = 1$ kbar, difficile à déceler (études aux RX), et marqué par l'évolution des minéraux des argiles* : disparition de la kaolinite et des interstratifiés au profit de l'illite et/ou de la chlorite, puis recristallisation de l'illite qui passe à la muscovite; la plupart des ardoises sont anchimétamorphiques; pour les roches basiques cf. faciès à zéolites.

2.2 l'**épizone** (métamorphisme faible) avec des roches riches en minéraux hydroxylés (mica blanc, talc, chlorite, épidote, actinote); c'est la zone des schistes sériciteux et chloriteux (cf. faciès des schistes verts); limite supérieure vers $T = 500^\circ$ définie par l'isograde « biotite ».

2.3 la **mészone** (métamorphisme moyen) avec des roches à biotite et muscovite, épidote, amphibole, staurotite, certains grenats, disthène possible; c'est la zone des mica-schistes et des gneiss à deux micas (cf. faciès des amphibolites); limite supérieure vers 650° , définie par l'isograde « sillimanite + feldspath potassique ».

2.4 la **catazone** (métamorphisme fort) avec des roches à feldspath potassique, plagioclase basique, sillimanite, pyroxène, grenat, biotite encore stable, c'est la zone des gneiss à sillimanite et biotite (cf. faciès des granulites et des éclogites); limite supérieure au delà de 700° avec le début de la fusion (anatexie).

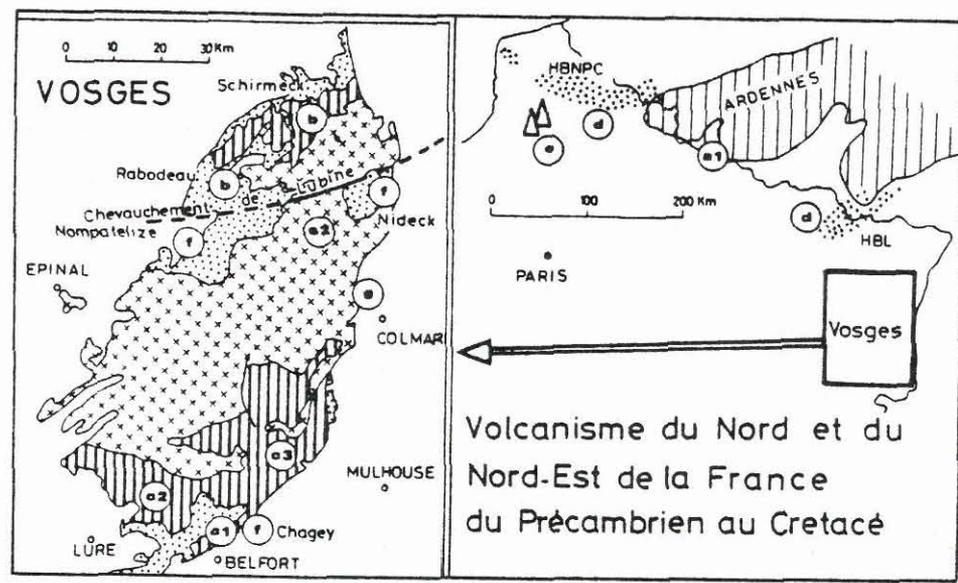
2.5 l'**ultrazone** (terme peu usité) avec les leptynites à cordiérite et/ou grenat, la biotite ayant disparu.

Ces limites sont plus ou moins nettes, et les corrélations avec les faciès minéraux plus ou moins aisées, si bien que la zonéographie est complexe et que des flous importants subsistent.

3. selon les **séquences métamorphiques** : Une séquence est l'ensemble des roches métamorphiques, de degré variable, issu d'un même type de roche originelle caractérisé par une certaine composition chimique moyenne. Ex., dans le métamorphisme général : - 3.1. **séquence arénacée** : quartzites, gneiss et leptynites dérivant, à degré de métamorphisme croissant, de grès et d'arkoses - 3.2. **séquence argileuse ou péritique** : schistes, mica-schistes, gneiss, leptynites dérivant d'argiles et de pélites (cf. ectinite) - 3.3. **séquence calcaropéritique** : mica-schistes à minéraux, amphibolites, pyroxénites dérivant de marnes - 3.4.

séquence carbonatée : calcschistes, marbres, cipolins dérivant de calcaires et dolomies - 3.5. **séquence granitique** : protogine, gneiss, leptynites dérivant de granitoïdes ou de laves équivalentes - 3.6. **séquence basique** : schistes, prasinites, amphibolites, pyroxénites dérivant de diorites, gabbros, basaltes. Déterminer la séquence à laquelle appartient tel gneiss ou tel autre est souvent difficile, voire impossible, et ce mode de classement n'est guère utilisé. On ajoute les préfixes **para-** ou **ortho-** pour indiquer l'origine sédimentaire ou magmatique lorsqu'on peut la déterminer : p. ex. un paragneiss dérive d'argiles ou de pélites, un orthogneiss dérive d'un granitoïde.

VOLCANITES DU PRÉCAMBRIEN AU CRÉTACÉ



Carte 4.1.

Volcanisme du Nord et du Nord-Est de la France, du Précambrien au Crétacé

d'après J. BEBIEN et cl. GAGNY et coll. 26^e C.G.I. Paris, 1980.

-  Affleurements des terrains antépermien
-  Bassins houillers : HBNPC : Nord - Pas-de-Calais
HBL Lorrain
-  Ensemble granito-gneissique
-  Vosges Permien sédimentaire
-  Dévono-dinantien

Antéhercynien : a

- a₁** : Sills acides et basiques du massif de Rocroi (Cambrien supérieur à Trémadoc)
- a₂** : Amphibolites de Sainte-Marie-aux-Mines (Vosges) briovériennes ou cambriennes

Dévono-dinantien

- b** : Vosges septentrionales : spilites et kéraatophyres de la vallée du Rabodeau et du massif de Schirmeck (Dévonien à Viséen antéphase sudète précoce)
- c** : Vosges méridionales : **C₁** : Chagey (Dévonien) ; **C₂** : séries du Viséen antéphase sudète précoce ; **C₃** : séries du Viséen post-phase sudète précoce

Carbonifère supérieur et Permien

- d** : Niveaux de cendres (Tonsteins) dans les séries houillères du Nord et de la Lorraine (sondages)
- e** : Volcanites basiques et acides stéphano-permiennes du Nord de la France (Δ : sondages de Sarton et d'Orville)
- f** : Rhyolites et trachy-andésites du Stéphano-permien des Vosges (Nideck, Nompattelize, Chagey...)

Crétacé terminal

- g** : Volcanites basiques

IX. LEXIQUE GEOLOGIQUE d'après FOUCAULT et RAOULT - 1980

Allochtone..... 19

Anatexie 14

Anchizone..... 25

* Autométamorphisme..... 25

Brèche..... 18

 sédimentaire 18

 tectonique 18

 volcanique 18

Catazone 25

Charriage..... 19

Chevauchement..... 19

Courant de Turbidité..... 19

Culm 18

Cycle orogénique..... 21

 sédimentaire 21

Discordance 21

Diverticulation..... 19

Ecaille tectonique..... 19

Epizone..... 25

Flysch..... 18

Gneiss..... 14

Graben..... 6

Horst..... 6

Lacune..... 21

Leptynite..... 14

Mesozone..... 25

Metamorphisme..... 24

 général..... 24

 contact..... 24

 dynamique..... 24

 hydrothermal..... 24

Métasomatisme..... 24

Micaschiste..... 14

Migmatites..... 14

Modelé glaciaire..... 6

Molasse..... 18

Nappe de charriage..... 19

Phase tectonique..... 21

Séquences métamorphiques..... 25

Turbidite..... 18

Ultrazone..... 25

*Autochtone..... 19

é

e-Calais

es) briové

: C₂ : sé-
séries du

mien des