

ROBERTO MALARODA

Revisione e aggiornamento della sistematica delle tettoniti
a deformazione post-cristallina (Miloniti l. s. Auct.).

Nel corso di un lavoro petrografico sul settore nord-orientale dell'Adamello (versanti occidentali della Val di Campiglio e della Val Meledrio (*)), eseguito sotto la guida dei proff.^{ri} A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ su materiale raccolto da loro e dal prof. G. DAL PIAZ, ho incontrato notevoli difficoltà per l'interpretazione e l'esatta definizione di quelle rocce a intensa deformazione post-cristallina che si osservano lungo la linea delle Giudicarie e le minori dislocazioni vicarianti e che, secondo l'uso corrente, andrebbero indicate tutte col termine alquanto vago e impreciso di *miloniti*. Ho dovuto quindi procedere a uno studio approfondito della nomenclatura e delle definizioni delle rocce di questo tipo, corrispondenti essenzialmente alle tettoniti post-cristalline di SANDER, per poter giungere ad una esatta e moderna classificazione dell'abbondante materiale studiato.

Dato l'interesse della questione e la necessità di evitare l'uso poco appropriato di termini che, creati con un significato preciso, spesso sono stati poi adoperati in senso molto diverso da quello originario, ho creduto opportuno, anche per consiglio dei proff.^{ri} Gb. DAL PIAZ e A. BIANCHI, che vivamente ringrazio per le numerose e preziose indicazioni fornitemi, di approfondire lo studio della sistematica delle tettoniti a deformazione post-cristallina in generale e di

(*) Il lavoro, ormai quasi portato a termine, fa parte della serie di « Studi geologico-petrografici sul massiccio dell'Adamello » e verrà pubblicato nelle Memorie dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova.

referire, in apposita pubblicazione, i risultati delle mie indagini.

Nelle pagine che seguono elencherò dapprima, seguendo per quanto possibile un ordine cronologico e limitandomi solamente a quanto in esse vi è di essenziale, le descrizioni, le definizioni e la nomenclatura usata dai vari autori, rifacendo, per così dire, la storia del progresso delle conoscenze scientifiche in questo campo della petrografia; concluderò questa revisione critica con un tentativo di sintesi, che mi auguro possa contribuire a portare un po' di chiarezza in questo campo così controverso della terminologia litologica.

Il nome di **milonite** ($\mu\acute{o}\lambda\omicron\varsigma$ = mola) fu introdotto nel 1885 dall'inglese Ch. LAPWORTH per delle rocce deformate della zona a ricoprimenti di Eriboll nella Scozia (23 p. 559). Esse sono definite come « breccie di pressione con struttura orientata, nelle quali la parte di fondo scura, silicea e caolinica è cristallizzata solo in parte » (*microscopic pressure-breccias with fluxion-structure, in which the interstitial dusty, siliceous, and kaolinitic paste has only crystallised in part*). Lo stesso LAPWORTH descriveva contemporaneamente un secondo tipo di roccia a struttura parzialmente cataclastica nella quale la massa di fondo è completamente ricristallizzata (*pressure-breccia with fluxion-structure, in which the whole of the interstitial paste has crystallised out*); a tale roccia, che considera tipo intermedio tra i veri micascisti e le miloniti, e per la cui origine pensa ad azioni meccaniche di scorrimento in zone più profonde rispetto a quelle ove si formano le miloniti, egli dà il nome di « *augenschist* ». Anche HORNE e TEALL (17) conservano la distinzione tra un « *mylonitic-type* » a prevalente cataclasi e un « *granulitic-type* » a prevalente ricristallizzazione. Non avendo potuto vedere il loro lavoro non sono però in grado di stabilire se questi due termini corrispondono in tutto a quelli usati dal LAPWORTH.

Il merito di aver illustrato l'importanza che le rocce a struttura cataclastica rivestono, sia per il loro significato geologico, sia per la loro notevole diffusione, va però soprattutto a P. TERMIER. Già nel 1911 nel suo lavoro sulle miloniti dell'Elba (34) egli faceva notare la facilità con la quale tali rocce vengono scambiate con altre, oppure del tutto trascurate. Riporto le sue parole: « *Il est dans l'essence même des mylonites d'être des roches singulières, troublantes, de définition et de description peu précises, prêtant, par conséquent, à la discussion. Les unes ressemblent à des gneiss, les autres paraissent très décomposées et alors, la première fois qu'on les rencontre, on les néglige par une inconsciente systématisation, comme des types aberrants, douteux, et sans intérêt* ». Il TERMIER si era già occupato in precedenza del fenomeno di milonitizzazione delle rocce e se ne occupò anche in seguito segnalando la diffusione delle miloniti nella zona di St. Étienne nel Plateau Central (FRIEDEL e TERMIER), nella Corsica orientale (38), nel massiccio cristallino ligure del Savonese (TERMIER e BOUSSAC) (35) e alla base della « quatrième écaille briançonnaise » (36). Particolarmente importante in proposito è il lavoro sulle miloniti del Savonese ove il fenomeno assume, a detta del TERMIER stesso, una evidenza grandiosa. « *Le massif cristallin ligure est, en très grande partie, formé de mylonites, c'est-à-dire de roches écrasées, ou laminées, ou tout à la fois écrasées et laminées* »: con TERMIER dunque il termine « milonite » prende un significato generico che non aveva nella definizione originaria di LAPWORTH; non solo le rocce laminate ma anche quelle fratturate sono delle miloniti. Il termine si diffonderà e sarà usato in seguito dalla gran parte dei geologi e petrografi appunto con questo significato più generico che viene riaffermato anche in altri lavori posteriori (37) del TERMIER stesso. In altro punto della citata pubblicazione sul Savonese l'A. deve insistere ancora, nel precisare la vera natura di queste rocce che in precedenza

altri aveva classificato successivamente come protogino, come grovacche, come apenniniti nodulose e granitiche, sul poco conto che generalmente si faceva, a quel tempo, di queste rocce deformate. « *Il est arrivé aux mylonites ligures, comme à toutes les mylonites, d'être confondues avec des gneiss, et, plus souvent encore d'être confondues avec des roches décomposées qui ne valent pas la peine d'être étudiées, qui ne méritent même pas d'être recueillies* ». Sempre nello stesso lavoro si trova pure la classica distinzione tra i vari gradi di frantumazione, con o senza laminazione, che è stata riportata in opere successive e nel trattato del GRUBENMANN-NIGGLI. L'estremo grado di cataclasi è quello della « *purée parfaite* » in cui la roccia è divenuta simile ad una petroselce, ad una fonolite, o a una specie di cera verdastrea dura, a frattura scagliosa, quasi omogenea. Se questa roccia viene laminata si ottiene uno « scisto sericitico simile a un talcoscisto con delle zone bianche ed altre nere ». Nel lavoro sulla « *Quatrième écaille briançonnaise* » (36) il TERMIER si preoccupa di stabilire dei caratteri per cui le miloniti possano esser distinte dai conglomerati coi quali sino allora quelle del brianzonese erano state confuse; con lo studio sulla Corsica orientale (38) infine, compare anche il termine di **ultramilonite**, usato per quelle rocce che hanno subito la cataclasi fino al grado estremo e sono state trasformate in masse compatte, verdastre (evidentemente il termine si identifica con quello di « *purée parfaite* » usato nel lavoro sul Savonese).

KÖNIGSBERGER (22) usa il termine « milonite » nel senso estensivo che abbiamo visto in TERMIER, ma distingue poi sempre « *Schiefermylonite* » e « *Mylonite ohne Paralleltexur* », pensa, inoltre, che gran parte dei micascisti contenenti epidoto, clorite e sericite si sia formata per laminazione e rappresenti pertanto dei termini di passaggio tra miloniti e scisti metamorfici. Di particolare importanza, come contributo per la definizione della sistematica delle miloniti,

è anche il lavoro pubblicato da R. STAUB nel 1915 (32). STAUB non considera la milonitizzazione come un vero e proprio metamorfismo, usa il nome « milonite » solo per le rocce eruttive e per gli scisti cristallini, non per le rocce sedimentarie, e lo riserva esclusivamente alle rocce laminate (« *Mylonite sind immer geschieferte Gesteine* » (p. 71)), mentre per le altre usa semplicemente aggiungere alla denominazione della roccia originaria indeformata l'aggettivo cataclastico. Nelle rocce del Bernina egli ha distinto ben 6 tipi di rocce laminate: si va da un tipo A a struttura clasto-granitica brecciata, a un tipo B a struttura porfiroclastica, entrambi debolmente lenticolari, e poi fino ai tipi E ed F, ultramilonitici, passando attraverso a stadi intermedi con struttura milonitica sempre più accentuata. Nelle « ultramiloniti », secondo STAUB, i porfiroclasti devono essere scomparsi o ridotti a dimensioni tanto piccole (diametro massimo 0.02 mm.) da essere ben difficilmente riconoscibili come tali. La tessitura è omologata a quella di una poltiglia laminata (« *geschieferte Breie* ») e corrisponde pertanto alla « *lamination de la purée parfaite* » di TERMIER.

Contemporaneamente le rocce cataclastiche attraevano l'attenzione dei geologi scandinavi che, nelle loro regioni, e particolarmente in Lapponia, le trovavano rappresentate su aree vastissime. Così se ne occuparono A. E. TÖRNEBOHM nel 1896, F. SVENONIUS nel 1900, A. HAMBERG e P. J. HOLMQUIST nel 1910 (29 p. 191), GAVELIN nel 1915 (39). Questi Autori hanno preso in considerazione una roccia cataclastica affiorante nel Torneträsk, in Lapponia, per la quale SVENONIUS introdusse il termine « *kakirite* » (dal lago Kakir presso il quale si trova), mentre HAMBERG e GAVELIN parlano di « *In-situ-Breccien* ». Si tratta di rocce che macroscopicamente hanno l'aspetto di quarziti o di hälleflinta e rivelano la loro struttura microbrecciata solo al microscopio.

Molto completa e di fondamentale importanza è la

trattazione di P. QUENSEL (1916) (25), che in occasione di un suo studio sul « Kebnekaisegebiet », sempre in Lapponia, fa una completa rassegna della nomenclatura delle rocce milonitiche di cui dà uno schema completo.

QUENSEL fa notare come i termini di roccia cataclastica, milonite, etc., si riferiscano solo a rocce che hanno subito un metamorfismo di deformazione puramente meccanico, senza che una ricristallizzazione dei componenti mineralogici abbia assunto estensione predominante nella loro struttura. Fra la pura frantumazione meccanica e il metamorfismo completatosi in una totale ricristallizzazione, vi è però ogni grado di transizione e il fatto che in una roccia prevalga la clastesi o la blastesi non dipende solo dall'intensità dell'azione esterna ma anche dal tipo della roccia stessa. Lo schema riportato dall'Autore comprende:

« *Kakiriti* » : rocce molto brecciate, che presentano però, fra i vari piani di frattura, dei frammenti relativamente poco deformati.

« *Mylonitgneiss* » : ricristallizzazione e cataclasi variamente rappresentate ma sempre contemporaneamente presenti e con una certa prevalenza della prima. Laminazione dovuta specialmente alla orientazione del quarzo e dei minerali femici ricristallizzati.

« *Miloniti* » : cataclasi prevalente sulla ricristallizzazione. La composizione originaria è ricostruibile dalla natura dei porfiroclasti; sono distinte in:

a) « *Miloniti s. s.* » : prive di orientazione o quasi.

b) « *Mylonitschiefer* » : con evidente struttura parallela.

« *Ultramiloniti* » : mancano del tutto i porfiroclasti, sono prive di orientazione, compatte, con abito felsitico o quarzítico (per questi ultimi caratteri la definizione è in netto contrasto con quella data da STAUB).

« *Hartschiefer* » : rocce listate e laminate dal metamorfismo ultramilonitico. Sono di aspetto quarzítico, zonate,

composte di quarzo e feldspato con contenuto variabile di miche e si trovano, comuni, in certe zone della Lapponia come nel Kebnekaisegebiet.

Il termine di « **Cataclasite** » (quello di « cataclasi » fu introdotto da A. DAUBRÉE) compare per la prima volta nel trattato del GRUBENMANN-NIGGLI (1924) (10 p. 218), che dedica un capitolo speciale alle rocce prodotte dal metamorfismo di dislocazione. In queste rocce « si è determinata una microbrecciatura senza che contemporaneamente la compattezza sembri notevolmente indebolita » ed « ha una parte predominante la semplice cataclasi senza contemporaneo movimento differenziale ». Nelle « miloniti » invece, sempre secondo lo stesso trattato, « compare anche questo ultimo e ne riesce determinata una particolare tessitura ». Il termine di « ultramilonite » è riservato, nel senso di STAUB, alle sole rocce ultralaminare. Vi sono pure descritte le « **Knetgesteine** » e le « **Tektonische Mischgesteine** », rocce cataclastiche miste dovute all'impasto di materiali litologici diversi tra loro, mescolatisi nei piani di scorrimento dei ricoprimenti alpini (*). In tutte queste rocce la clastesi è esclusiva o, in ogni modo, prevalente sulla blastesi. Nel suo trattato di petrografia pubblicato nel 1927 (21 p. 9) l'inglese G. W. TYRREL si dichiara pure favorevole ad una separazione tra cataclasiti (rocce fratturate ma non laminate) e miloniti (rocce fratturate e laminate). Il RAGUIN invece, in un suo studio sulle rocce deformate del Plateau Central (26) che vide la luce l'anno seguente, usa per la loro classificazione dei termini particolari (*roches laminées ou déformées, roches écrasées avec ou sans laminage, roches broyées e roches triturées*) per molti dei quali riesce difficile stabilire

(*) Per A. HEIM (14 p. 93) invece, « *Knetgesteine* » è sinonimo di « *Mylonite* » ed indica l'impasto dei frammenti rocciosi conseguente allo stiramento ed alla soppressione del fianco medio delle pieghe sovrascorse, sia che il materiale d'impasto derivi da una sola roccia, sia da rocce diverse.

un parallelismo con quelli più usati, benchè dalla descrizione si capisca trattarsi di tipi che variano dal granito.... etc. cataclastico, alla cataclasite e alla milonite.

Nel 1931 viene pubblicato un lavoro della KNOPF nel quale per la prima volta si cerca, con un confronto tra i vari Autori, di stabilire una sinonimia tra i termini usati nella nomenclatura delle nostre rocce. Un lavoro del genere si rendeva indispensabile, sia perchè termini diversi erano stati creati in zone diverse per indicare le stesse rocce, sia soprattutto per il fatto che termini uguali erano stati usati dai diversi geologi e petrografi per indicare dei materiali anche notevolmente differenti. Pur riconoscendo la difficoltà di un tentativo di unificazione della nomenclatura di rocce così multiformi (si pensi per es. alla diversa importanza che la ricristallizzazione può avere in una stessa roccia milonitica ugualmente fratturata e laminata a seconda della composizione originaria della roccia e del modo in cui si è verificato il processo della milonitizzazione; si possono avere delle miloniti senza la minima traccia di ricristallizzazione ed altre invece che tale ricristallizzazione presentano abbondantemente diffusa) tale tentativo doveva essere affrontato per evitare confusioni e malintesi che già avevano cominciato a presentarsi. La pubblicazione della KNOPF, quantunque incompleta per la parte bibliografica (si ignorano STAUB e TERMIER!), è perciò di un valore indiscutibile. Anche in un lavoro pubblicato nello stesso anno dal TROMP (39) si dà una sinonimia fra i vari termini usati nella sistematica delle tettoniti a deformazione post-cristallina; il quadro schematico riportato (p. 181) è però quasi completamente errato e più adatto a confondere le idee che a chiarirle.

Di fondamentale importanza per la completezza dei dati e lo sviluppo che ad essi vien dato è il lavoro pubblicato da Ed. WENK nel 1934 sulla petrografia del cristallino della Silvretta (41). A pag. 225 l'A., ricordando la

definizione di « ultramilonite » data da STAUB ritiene che, per una attribuzione a questo gruppo, non sia requisito essenziale la mancanza di porfiroclasti ma l'aspetto macroscopico oscuro, talora quasi simile a grafite (« *Ultramylonite fallen makroskopisch durch ihr dunkles, manchmal fast graphitähnliches Aussehen auf* »). Al microscopio si osserva la alternanza di fascie scure e chiare potenti al più 1 mm.; quelle scure sono costituite prevalentemente da sericite, talora da minerali di ferro e pigmento, quelle chiare da microgranulazioni quarzose. Sotto il nome di « **blastomiloniti** » vengono descritte delle rocce bianche, compatte, simili a quarziti, con struttura a bande appena accennata e tessitura fine granoblastica, a composizione quarzoso-sericitica-albitica nella massa di fondo includente rari porfiroclasti di ortoclasio. Questo particolare tipo di struttura era già stato segnalato da STAUB (32) e il termine era stato creato dal SANDER (28) per una milonite con struttura orientata e diffusa rigenerazione cristallina dei Tauri. Riguardo all'uso dei termini « cataclasite » e « milonite » pare che l'A. si scosti dalla definizione che di questi si dà nel trattato di GRUBENMANN e NIGGLI in quanto, pur osservando che nella sua zona le miloniti sono sempre laminate, fatta eccezione per le blastomiloniti (p. 241), egli dimostra di accettare il termine anche per indicare delle rocce compatte (p. 242) e sembra basare la distinzione tra cataclasiti e miloniti, non tanto sulla presenza o assenza del movimento differenziale, come vuole il GRUBENMANN-NIGGLI, che pure cita, quanto sul fatto che l'aspetto macroscopico della roccia ricordi ancora quello originario o ne sia del tutto diverso. Le « cataclasiti » « *tragen noch ganz das Äussere der Ursprungsgesteine, sie sind nur unfrisch und oft geklüftet* » mentre il termine « milonite » è riservato per quei tipi « *deren Aussehen weder die Natur, noch die Herkunft der Gesteine mehr verrät* » (p. 219). In un lavoro, pubblicato nel 1935 su rocce milonitizzate della California, WATERS e CAMPBELL (40) danno

un quadro riassuntivo dei termini introdotti in petrografia per la classificazione di queste rocce (p. 477), limitandosi però a citarli separatamente con le definizioni degli Autori che li hanno usati per primi.

Resta ancora da ricordare un gruppo di rocce caratteristiche che, per la maniera con cui si presentano in natura, furono a lungo considerate come prodotti magmatici e sulla genesi delle quali, per la loro particolare struttura, vi sono ancor oggi delle incertezze. Le condizioni di giacitura di questi materiali sono molto caratteristiche; essi tagliano, talora in concordanza, più spesso discordanti, le altre rocce che li circondano. L'andamento è quello tipico dei filoni, la loro potenza è molto varia, possono presentare delle ramificazioni e restringersi fino a dimensioni capillari. Il passaggio alle rocce includenti è molto netto, ciò che ha reso più facile la loro interpretazione come masse iniettate, l'aspetto è quello di una massa compatta, scura, macroscopicamente afanitica, al microscopio in gran parte pseudovetrosa o opaca per la diffusione di minerali di ferro o di sostanze carboniose di cui vi è un enorme arricchimento; talora in questa massa oscura si osservano dei microcristalli o dei frammenti minuti. Nel Sud Africa, zona classica per questi tipi litologici, essi venivano avvicinati alle tachyliti, rocce effusive vetrose (ossidiane basaltiche); per primo J. SHAND, nel 1916 (30), dimostrò esser molto più probabile che le « pseudotachyliti » dovessero considerarsi come dei prodotti di milonizzazione.

L'opacità della massa di fondo delle pseudotachyliti di Parijs (Orange) di cui egli si è occupato in modo particolare è attribuita all'abbondanza in granuli di magnetite. Rocce affini sono anche le « flinty crush-rocks » del Cheviot Hills (Scozia) (8, pp. 629-632) di cui CLOUGH si era interessato già nel 1868, con massa di fondo carboniosa, quelle delle Ebridi e quelle della provincia di Olavarria (Argentina) studiate da H. BACKLUND (3).

Contemporaneamente, rocce con uguali caratteri attiravano l'attenzione dei geologi alpini. Già nel 1914 W. HAMMER descriveva (12, pp. 555-562, fig. 31, tav. 24) e riproduceva nell'aspetto macroscopico e microscopico la sua « Dichte Gangmylonit » dell'alta valle dell'Inn (ricoprimenti austroalpini superiori, specialmente ricoprimento della Silvretta): « *Es ist ein vollkommen dichtes, licht-bis dunkelgrau oder auch schwärzlich gefärbtes Gestein von grosser Härte, massig, mit muscheligen Bruch. Vielfach ist es reichlich durchsät von glasig glänzenden Quarz-körnern. Es durchzieht den Gneis oder Amphibolit in Gangen und Adern nach allen Richtungen nach Art eines Eruptivdurchbruches; selten sammelt es sich in Massen von ein oder ein paar Meter, öfter sind es nur schmale Adern von wenigen Zentimetern bis zu mikroskopischer Feinheit herab* ». Nel lavoro del 1930 (13) lo stesso Autore si occupò esclusivamente di queste rocce riferendo anche i risultati dello studio microscopico e chimico per trarne elementi di confronto con le « pseudotachiliti » del Sud Africa.

Nel 1933 le gangmiloniti della Silvretta erano oggetto di uno studio di P. BEARTH (5); successivamente, rocce di questo tipo venivano segnalate nelle Alpi Bergamasche dai geologi olandesi S. W. TROMP (*) (39) e W. L. BUNING nel 1931, e J. J. DOZY nel 1935; soprattutto interessante, per l'argomento delle gangmiloniti, il lavoro del Dozy (9). L'aspetto della roccia in questa zona è quello solito, pseudo-vetroso, il colore va dal grigio bruno al nero piceo e la struttura è normalmente fluidale; se ne sono trovate non solo incluse entro alle rocce eruttive e agli scisti cristallini ma entro alle stesse rocce sedimentarie (dolomie). Nel 1937 BÄCHLIN (2) cita le gangmiloniti per certe zone del Canton Ticino meridionale. Il colore è variabile (giallo, nero), la

(*) Il lavoro del TROMP contiene una buona bibliografia sull'argomento delle rocce milonitiche (39 p. 182).

massa di fondo sembra otticamente isotropa; l'origine è attribuita, anche da questo, come dai precedenti Autori, a fusione per calore prodotto dallo sfregamento della fine polvere di roccia compressa fra due superfici in movimento. L'anno successivo, infine, E. DIEHL e R. MASSON rendevano nota l'esistenza di queste rocce nel versante settentrionale della Valle d'Aosta. Di particolare importanza il lavoro del MASSON sulla Valpellina (24) che riassume in una trattazione sintetica (p. 201) i vari argomenti da portare in campo contro l'ipotesi, sino allora in auge, che le gangmiloniti derivassero per fusione di polvere di roccia triturrata. Una vera fusione non si sarebbe in realtà mai avuta, come provano soprattutto lo studio degli indici di rifrazione (WATERS e CAMPBELL (40, p. 495)) e l'analisi delle polveri di roccia col metodo röntgenografico (WILLEMSE (42, p. 103, tav. 6)). Per spiegare come sia avvenuta l'iniezione di questi materiali rocciosi polverizzati entro a fratture che spesso non corrispondono ai piani di scorrimento, MASSON cita le ipotesi avanzate più recentemente che fanno intervenire la forza di gravità, oppure la compressione del materiale che verrebbe perciò scacciato dai piani di movimento, oppure un'azione di aspirazione esercitata dal vuoto che si formerebbe in seguito alle fratturazioni delle masse rocciose.

Dopo aver esposto le definizioni dei vari Autori, credo di far cosa utile tentando di completare il quadro sintetico presentato dalla KNORR (21, p. 13) con la definizione che più mi sembra espressiva per i vari tipi di rocce e ponendo in sinonimia i termini che furono usati da certi Autori con significato diverso da quello generalmente accettato.

Poichè non tutte le rocce nominate rappresentano atti successivi di una azione deformante che vada via via accentuandosi, ma alcune di esse penso rappresentino piuttosto dei tipi particolari che non si verificano se non per determinate rocce, o più probabilmente, per determinate condizioni di tettonizzazione, credo opportuno raggrupparle,

non in unica serie, ma in varie categorie. Così considererò la tipica milonitizzazione di zona più superficiale, nei suoi passaggi normali attraverso i tipi della roccia cataclastica, della cataclasite, della milonite e dell'ultramilonite. Terrò invece distinti la cachirite e l'hartschiefer, che sono rocce particolari, descritte finora solo per la regione scandinava, raccoglierò in un gruppo a sè quei termini nei quali la ricristallizzazione e la rimineralizzazione acquistano importanza preponderante sulla frantumazione, tipi che segnano un passaggio graduale al vero metamorfismo rigenerativo o blastesi, e farò infine una ulteriore distinzione per le gangmiloniti che, soprattutto per la loro particolare giacitura, mi pare non possano essere considerate come prodotti del processo di milonitizzazione normale. Per i nomi adotterò quelli che hanno diritto di priorità, a meno che, come avviene per i milonitgneiss e per le gangmiloniti, quelli precedenti non siano da scartare perchè impropri, non chiaramente definiti, o superati dall'uso (*).

I. Serie normale : la clastesi prevale sulla blastesi.

Le rocce sono elencate nell'ordine dalle meno alle più deformate. La ricristallizzazione può mancare completamente, anche fino al tipo ultramilonitico, oppure può esser presente, ma sempre subordinata alla clastesi.

(*) Meritano cenno particolare anche due altri tipi di rocce: le *filloniti* e le *diastoriti* (21) che sono, le prime, prodotto diretto della milonitizzazione di materiali litologici svariati (conglomerati, grovacche, rocce porfiriche, ortogneiss...) con riduzione della loro grana ed acquisto di un aspetto pseudofilladico lenticolare, le seconde, il prodotto di una rimineralizzazione regressiva per cui, in rocce originariamente di mesozona o di catazona, si formano in seguito a cause varie, fra le quali può esservi anche la milonitizzazione, dei nuovi minerali di zona superiore (epizona o, rispettivamente, mesozona) a spese di quelli preesistenti. Le filloniti rientrano, come una categoria particolare, nel gruppo delle miloniti.

granito, tonalite, etc.... cataclastico: macroscopicamente si scorgono fratturazioni e alterazioni, spesso anche accentuate, ma la struttura è ancora fondamentalemente quella delle rocce originarie.

= cachirite di TROMP (*); = cataclasite di WENK.

cataclasite: macroscopicamente la natura della roccia originaria non è più riconoscibile, spesso vi è un notevole aumento di compattezza (in questo caso assomiglia molto alle quarziti) ed un colore scuro generalmente verdastro (per questo carattere si avvicina talora a certi lamprofiri); al microscopio si nota una intensa fratturazione che interessa anche i singoli granuli minerali, non vi è invece alcuna traccia di laminazione.

= cachirite di HOLMQUIST; = « écrasement sans laminage » di TERMIER; = granito, sienite, etc.... cataclastico di STAUB; = milonite sensu strictu di QUENSEL; = ? protomylonite di BACKLUND (4); GRUBENMANN-NIGGLI 1924; TYRREL; = cataclasite e (?) ultra-

(*) L'elencazione degli AA. segue l'ordine cronologico e, quando essi hanno usato il termine petrografico con lo stesso significato che gli è attribuito nello schema, è citato semplicemente il loro nome. I termini litologici diversi da quelli correnti sono posti in sinonimia preceduti dal segno =; i nomi in neretto sono quelli degli studiosi ai quali si deve la creazione dei vari termini e la data che segue è quella del lavoro in cui essi comparvero per la prima volta. Per esempio, seguendo l'elenco degli autori che è riportato sotto il nome milonite, si saprà che questo termine è stato creato dal LAPWORTH nel 1885 ed è stato usato con lo stesso significato originario dallo STAUB, da GRUBENMANN e NIGGLI, e da WATERS e CAMPBELL; per indicare le stesse rocce TERMIER usava invece il termine di « roche à écrasement et laminage », QUENSEL quello di « Mylonitschiefer »; si possono considerare miloniti nel senso da noi accettato i tipi descritti dal TROMP come « mylonite oeuillée », come « mylonite » e come « mylonite schisteuse » e da YANG KIEH come « mylonite de laminage »; il WENK indicava col termine « milonite » non solo le vere miloniti laminate ma anche le cataclasi.

milonite (*) (pro parte) di TROMP; = « mylonite de trituration ou par broyage » di YANG KIEH (43); = milonite (assieme al terminè successivo) di WENK.

milonite: la roccia presenta, già macroscopicamente, una evidente laminazione per cui ha un aspetto pseudoscistoso; in conseguenza a ciò si rompe facilmente in scaglie a meno che, per l'abbondante ricristallizzazione, non abbia riacquisito una notevole compattezza. Al microscopio si osservano abbondanti porfiroclasti fasciati da una massa di fondo formata da polvere di minerali (se si tratta di un tipo nettamente elastico) oppure da aggregato microcristallino a tessitura blastica (se si tratta di un tipo in parte ricristallizzato). La ricristallizzazione non acquista però mai importanza prevalente ed è limitata in genere solo al quarzo.

LAPWORTH 1885; = « écrasement et laminage » di TERMIER; STAUB; = Mylonitschiefer di QUENSEL; GRUBENMANN-NIGGLI; = mylonite oillée, mylonite e mylonite schisteuse di TROMP; « mylonite de laminage » di YANG KIEH; = milonite (assieme al termine precedente) di WENK; WATERS e CAMPBELL.

ultramilonite: rappresenta il termine estremo della cataclasi con laminazione. Il punto di separazione dalle miloniti è necessariamente arbitrario e, fra i vari criteri adottabili, credo sia da preferire quello di STAUB che dà le dimensioni massime che possono

(*) L'ultramilonite di TROMP sarebbe una roccia con aspetto compatto ma nella quale i minerali polverizzati sono disposti a fasce alternantisi, le une di quarzo e plagioclasti, le altre di sericite e limonite. Per tali caratteri la roccia non corrisponderebbe perfettamente nè alla cataclasi, nè alla milonite sotto le quali l'ho registrata ma piuttosto si avvicinerrebbe agli Hartschiefer. Sarebbe temerario però voler tentare un simile avvicinamento solo sulla base di una descrizione generica.

essere raggiunte dai residui porfiroclastici (0,02 mm. di diametro).

STAUB 1914; GRUBENMANN-NIGGLI; = ultramylonite schisteuse e (?) ultramylonite (pro parte) di TROMP.

II. Tipi particolari della Lapponia.

cachirite: roccia brecciata in grande; frantumazione, ricristallizzazione e rimineralizzazione si sono avute solo lungo i piani di frattura mentre i frammenti tra essi compresi sono quasi completamente privi di fenomeni di clastesi e inalterati. Questa definizione è tratta dal QUENSEL; basandosi invece sulle descrizioni degli Autori che lo precedettero si sarebbe portati a considerare il termine cachirite quale sinonimo di granito, etc.... cataclastico e di cataclasite, come già faceva il TERMIER e, più tardi, il TROMP.

QUENSEL 1916.

Hartschiefer: rocce compatte, con struttura zonare evidentissima anche macroscopicamente, dovuta a fasce rettilinee parallele di composizione mineralogica diversa. La struttura cristalloblastica è generalmente predominante sulla cataclastica.

HOLMQUIST; QUENSEL.

III. Serie in cui la blastesi prevalè sulla clastesi.

Milonitgneiss: la ricristallizzazione è molto avanzata e rimane, di clastico, solo la struttura degli scarsi porfiroclasti.

= augen-schist di LAPWORTH; QUENSEL 1916; = flaser rock di TYRREL.

blastomylonite: della clastesi restano tracce minime, mentre non solo tutta la massa di fondo ma anche i porfiroclasti sono perlopiù ricristallizzati.

SANDER 1912; KNOPE; WENK.

IV. Tettoniti pseudoeruttive (BEARTH).

gangmilonite (milonite filoniana); per i particolari della giacitura e della struttura rinvio alle pagine precedenti.

= trap-shotten gneis di HOLLAND; = flinty crush rock di CLOUGH; HAMMER 1914; = pseudotachilite di SHAND; = « ultramylonite with an isotropic ground-mass » di WATERS e CAMPBELL; BÄCHLIN.

V. Rocce tettoniche miste (GRUBENMANN-NIGGLI).

Derivano dal miscuglio tra materiali litologici diversi che si verifica talora lungo i grandi piani di scorrimento.

Concludendo si può far notare che, per il fatto già osservato della maggiore o minore predisposizione dei diversi materiali alla milonizzazione, le rocce che hanno maggiormente portato il peso di queste deformazioni sono sempre quelle granitiche (cfr. TERMIER e SEIDLITZ); fra gli scisti cristallini sono i paragneiss quelli che maggiormente vengono deformati (cfr. WENK e BÄCHLIN); meno di tutte ne soffrono le rocce sedimentarie (principio della « milonizzazione selettiva »).

Va inoltre osservato che, contro l'opinione di STAUB che voleva riservare il termine di metamorfismo per le sole rocce che avessero subito fenomeni di ricristallizzazione, la maggior parte dei moderni trattatisti considera la deformazione meccanica come il primo stadio dell'azione metamorfica che non si è potuta spingere fino alla ricristallizzazione completa per difetto di pressione o di temperatura. Questo concetto è giustificato soprattutto dal fatto che molte volte esiste un passaggio del tutto graduale tra miloniti e scisti cristallini. Per averne degli esempi basterà dare una scorsa al lavoro del QUENSEL che usa, per le nostre rocce, il ter-

mine di « metamorfismo meccanico » o di « metamorfismo cataclastico » (« *Kataklastisch-metamorphe Vorgänge* », « *mechanische Metamorphose* », « *mechanische Zertrümmerungs-metamorphose* ») (25 p. 97) e che in proposito così si esprime (p. 107): « *Wir fassen nun die Begriffe Metamorphose und Mylonitisierung etwas verschieden auf* ». Lo stesso LAPWORTH (23 p. 559) aveva già notato la continuità dei passaggi tra miloniti, augen-schists e micascisti tipici nell'Highland scozzese e aveva usato il termine « *mechanical metamorphism* ».

Nella zona dell'Adamello nord-orientale, di cui ho effettuato lo studio petrografico, le rocce a struttura cataclastica sono ampiamente rappresentate e si possono raggruppare nelle tre categorie delle granodioriti e tonaliti cataclastiche, delle cataclasiti e delle miloniti. La deformazione è caratteristicamente accentuata soprattutto nelle granodioriti che, sempre molto fratturate, sono spesso trasformate in granodioriti cataclastiche verdastre ed alterate e passano, presso le linee di movimento tettonico, a tipiche cataclasiti e miloniti. Nelle tonaliti, che nell'area studiata sono delle tonaliti a tessitura parallela primaria di tipo fluidale, forse appunto per questo carattere che ha favorito i movimenti differenziali in piani determinati, si passa invece direttamente dai tipi quasi normali ai tipi milonitici senza attraversare lo stadio di cataclasite; le cataclasiti tonalitiche sono rare e si trovano solo nelle immediate vicinanze dei piani di movimento. Resta inoltre da osservare che, mentre le miloniti delle granodioriti sono di una struttura interamente cataclastica, quelle delle tonaliti presentano abbondantemente diffusa anche una blastesi parziale (il quarzo è di solito completamente ricristallizzato). Gli scisti cristallini, che nell'Adamello nord-orientale sono intimamente legati alle rocce eruttive, presentano invece deformazioni di gran lunga minori.

*Istituto di Geologia dell'Università degli Studi
Padova, aprile 1946*

BIBLIOGRAFIA

Ho indicato, contrassegnandoli con un asterisco, anche alcuni lavori che non ho potuto consultare direttamente, dei quali ho tenuto conto solo per quanto ho trovato citato nelle opere di cui mi sono servito e che, per la loro importanza, mi sembrava non dovessero essere omissi dalla lista bibliografica.

1. ANGEL F. - *Einige neuerliche Pseudotachylytfunde in den österreichischen Zentralalpen*. « Verhandlungen der geologischen Bundesanstalt », Wien, 1931, pp. 143-153.
2. BÄCHLIN R. - *Geologie und Petrographie des M. Tamaro-Gebietes (südliches Tessin)*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Vol. 17, 1937, pp. 1-79, 2 tavole, una carta geologica e 6 figure nel testo.
3. * BACKLUND H. - *Algunas Observaciones sobre Rocas Notables provenientes de Olavarria (Buenos Aires)*. « Dirección General de Minas », Serie B, Vol. 2, 1913.
4. * — *Petrogenetische Studien an Taimyrgesteine*. - « Geol. Fören », Stockholm Föhr., Vol. 40, 1918, pp. 101-203, specialmente pp. 195-199.
5. BEARTH P. - *Ueber Gangmylonite der Silvretta*. - « Schweiz. Min. Petr. Mitt. », Vol. 13, 1933, pp. 347-355.
6. * van BEMMELLEN R. W. - *Over de zoogenaande « Smeltmylonieten » (« Pseudotachylyten »)*. « Geol. Mijnbouw. », Vol. 15, 1936, pp. 74-79.
7. CADISCH J. - *Geologische Probleme der rätischen Alpen*. « Separatabdruck aus dem Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens », Vol. 76, 1938-39, pp. 1-19.
8. CLOUGH CH. TH., MAUFE H. B., BAYLEY E. B. - *The Cauldron-Subsidence of Glen Coe and the Associated Igneous Phenomena*. « The Quarterly Journal of the Geological Society of London », Vol. 65, 1909, pp. 611-678.
9. DOZY J. J. - *Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo del Diavolo di Tenda*, « Leidsche Geologische Mededeelingen », Vol. 6, 1933-35, pp. 133-230, Tav. 11 e 12.
10. GRUBENMAN - NIGGLI - *Die Gesteinsmetamorphose*, I. Allgemeiner Teil, Berlin, Borntraeger, 1924.
11. * HALL A. L. e MOLENGRAAF G. A. F. - *The Vredefort Mountainland in the Southern Transvaal and the northern Orange Free-state*, « Verhandelingen der Koninkl. Akademie v. Wetenschappen te Amsterdam, Vol. 24, N. 3, 1925.

12. HAMMER W. - *Das Gebiet der Bündnerschiefer im tirolischen Oberinntal*, « Jahrbuch d. k. k. Geologischen Reichsanstalt », Wien, Vol. 64, 1914, pp. 443-566, 31 figg., tavv. 21-26.
13. — *Ueber Pseudotachylit in den Ostalpen*, « Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt », Wien, Vol. 80, 1930, pp. 571-585, 2 figg..
14. HEIM A. - *Geologie der Schweiz*, II-I, Leipzig, 1921.
15. * HOLLAND TH. - *The Charnockite Series, a Group of Archean Hypersthenic Rocks in Peninsular India*, « Mem. Geol. Surv. India », Vol. 28, 1900, pp. 198-248.
16. * HOLMQUIST P. J. - *Die Hochgebirgsbildungen am Torne Träsk in Lappland*, « Geol. Fören. i Stockholm Förhand », Vol. 32, 1910, pp. 913-983.
17. * HORNE J. e TEALL - *Geol. structure of the North - West Highlands*, « Mem. Geol. Surv. of Great Britain », Glasgow, 1907, p. 598.
18. * JEHU T. J. e CRAIG R. M. - *Geology of the Outer Hebrides Part 1, The Barra Isles*, « Trans. Roy. Soc. Edinburgh », Vol. 53, 1925, pp. 419-441, specialmente pp. 430-436.
19. * JEHU T. J. e CRAIG R. M. - *Geology of the Outer Hebrides Part 2, South Uist and Eriskay*, « Trans. Roy. Soc. Edinburgh », Vol. 53, 1925, pp. 615-641, specialmente pp. 629-630.
20. * JEHU T. J. - *Observations on Flinty Crush Rocks*, « Trans. Edinburgh Geol. Soc. », Vol. 11, 1925, pp. 405-406.
21. KNOPF E. B. - *Retrogressive Metamorphism and Phyllonitization*, Part I, « American Journal of Science, 1931. pp. 1-27.
22. KÖNIGSBERGER JOH. - *Die kristallinen Schiefer der zentralschweizerischen Massive und Versuch einer Einteilung der kristallinen Schiefer*, « Comptes rendus, Congrès Géologique International », Stockholm, 1910, pp. 667-669.
23. LAPWORTH CH. - *The Highland Controversy in British Geology; its Causes, Course, and Consequences*, « Nature », London, Vol. 32, maggio-ottobre 1885, pp. 558-559.
24. MASSON R. - *Geologisch-Petrographische Untersuchungen im unteren Valpelline, Provinz Aosta (Italien)*, « Schweiz. Min. Petr. Mitt. », Vol. 18, 1938, pp. 53-212, una carta geologica e 3 tavv..
25. QUENSEL P. - *Zur Kenntnis der Mylonitbildung, erläutert an Material aus dem Kebnekaisegebiet*, « Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala », Vol. 15, 1916, pp. 91-116, tavv. 4-7.
26. RAGUIN E. - *Au sujet de divers genres de mylonites granitiques le long des lignes de dislocation de l'Ouest du Plateau Central*,

- « Bulletin des Services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines », Vol. 29, 1925-26, N. 161.
27. SANDER B. - *Ueber tektonische Gesteinsfazies*, « Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt », Wien, 1912, N. 10, pp. 249-257.
 28. — *Ueber einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes*, « Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt », Vol. 62, 1912, pp. 219-287, tavv. 11-13.
 29. von SEIDLIZ W. - *Ueber Granit-Mylonite und ihre tektonische Bedeutung*, « Geologische Rundschau », Vol. I, 1910, pp. 188-197.
 30. SHAND J. - *The Pseudotachylyte of Parijs (Orange Free State), and its Relation to « Trap-Shotten Gneiss » and « Flinty Crush-Rock »*, « The Quarterly Journal of the Geological Society of London », Vol. 72, 1916, pp. 198-221, tavv. 16-19.
 31. SPICHER A. - *Geologie und Petrographie des obern Val d'Isoine (südliches Tessin)*, « Schweiz. Min. Petr. Mitt. », Vol. 20, 1940, pp. 17-100.
 32. STAUB R. - *Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge*, « Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich », 1915, pp. 55-336.
 33. TERMIER P. - *Les brèches de friction dans le granite et dans le calcaire cristallin à Moine-Mendia, près Hélette (Basses-Pyrénées) et leur signification tectonique*, « Bulletin de la Société Géologique de France, IV^{me} série, Vol. 4, 1904, pp. 833-838.
 34. — *Sur les mylonites de l'île d'Elbe*, « Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris », 1911, pp. 826-831.
 35. TERMIER P. e BOUSSAC J. - *Sur les mylonites de la région de Savona*, « Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris », Vol. 152, 1911, pp. 1550-1556.
 36. TERMIER P. - *Les mylonites de la Quatrième écaille briançonnaise*, « Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris », Vol. 171, 1920, pp. 653-657.
 37. — *Le rôle géologique des mylonites ou roches écrasées*, « Livre jubilaire publié à l'occasion du Cinquantenaire de la Soc. géologique de Belgique », Liège, 1924, pp. 91-93.
 38. TERMIER P. e MAURY E. - *Nouvelles observations géologiques dans la Corse Orientale. III: Phénomènes d'écrasement et de laminage: Mylonites et brèches tectoniques*, « Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris », 1928, pp. 1247-1251.
 39. TROMP S. W. - *La géologie du valle del Bitto et la tectonique des Alpes Lombardes*, « Leidsche Geologisch Mededeelingen », Vol. 4, 1931, pp. 123-320, tavv. 18-22.

40. WATERS A. C. e CAMPBELL C. D. - *Mylonites from the San Andreas Fault Zone*, « American Journal of Science », Vol. 29, 1935, pp. 473-503.
41. WENK ED. - *Beiträge zur Petrographie und Geologie des Silvretakristallins*, « Schweiz. Min. Petr. Mitt. », Vol. 14, 1934, pp. 195-278, con 1 tavola e 1 carta geologica al 50.000.
42. WILLEMSE J. - *On the Old Granite of the Vredefort Region and Some of its Associated Rocks*, « Transactions of the Geological Society of South Africa », Johannesburg, Vol. 40, 1938, pp. 43-119, tavv. 4-6.
43. YANG KIEH - *Contribution à l'étude géologique de la Chaîne de la Marche et du Plateau d'Aigurande (NW du Massif Central français)*, « Mémoires de la Soc. Géol. de France », Nouv. Sér., Vol. 8, 1932, Mém. N. 19, pp. 1-123, specialmente pp. 97-102, 13 tavv..