

Zeitschrift:	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band:	48 (1968)
Heft:	1: Symposium "Zone Ivrea-Verbano"
Artikel:	Note préliminaire sur la série cristallophyllienne d'Ivrée entre les rivières Sesia et Toce
Autor:	Giraud, P.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-37744

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Note préliminaire sur la série cristallophyllienne d'Ivrée entre les rivières Sesia et Toce

Par *P. Giraud* (Grenoble) *)

Résumé

L'ossature de la Zone d'Ivrée est constituée par deux séries cristallophylliennes : la Série d'Ivrée et la Série des Lacs dont les rapports ne sont pas encore clairement établis. Seule la Série d'Ivrée, entre la Sesia et la Toce a été étudiée. Il s'agit d'une ancienne série sédimentaire à dominante silico-alumineuse. A sa base s'est mis en place un puissant complexe éruptif stratiforme gabbro-noritique. Vers le sommet, des faciès carbonatés se développèrent largement. L'ensemble a subi un métamorphisme général essentiellement de faciès amphibolite à almandin et un plissement majeur orienté entre NNE et ENE. Ce cycle ivréen pourrait être pré- ou infrafacambrien, mais pour l'instant le repère chronologique le plus ancien est la mise en place vers 270 Ma de granites intrusifs qui recoupent Série d'Ivrée et Série des Lacs. Ce plutonisme est suivi immédiatement par un volcanisme acide permien.

La signification et le comportement de la Zone d'Ivrée dans l'histoire géologique des Alpes sont abordés. La ligne insubrique, discontinuité majeure, qui la borde à W et au N est certainement très ancienne et a joué au moins à l'Hercynien et à l'Alpin. Elle est en relation avec des déséquilibres du manteau qui se manifestent également par l'anomalie gravimétrique et séismique d'Ivrée et par des phénomènes magmatiques basiques et ultrabasiques : corps gabbro-noritique ancien, massifs péricratiques d'âge encore imprécis, complexe ophiolitique alpin mis en place à la faveur de discontinuités structurales satellites de la ligne insubrique.

Abstract

The basement of the Ivrea Zone is constituted by two crystalline series: the "Série d'Ivrée" and the "Série des Lacs", whose mutual relationships have not yet been clearly defined. Up to now, in the area between the Sesia and the Toce, only the Ivrea Series has been studied. It is an old sedimentary series mainly composed of alumino-silicated materials. At its base lies a very thick eruptive stratiform gabbro-noritic complex. Towards the top, carbonated facies are largely developed. The whole series has undergone regional metamorphism in essentially the almandine-amphibolite facies, and folding along a major NNE to ENE axis. This Ivrean cycle could be either Precambrian or Infracambrian, while the oldest chronological marker-horizon known at present is constituted by intrusive granites, emplaced about 270 MY ago, and which transect both

*) Institut Dolomieu — Géologie et Minéralogie, rue Maurice Gignoux, Grenoble.

the "Série d'Ivrée" and the "Série des Lacs". This plutonic episode was immediately followed by acid Permian volcanism.

The significance and behaviour of the Ivrea Zone are discussed in connection with the geological history of the Alps.

The Insubric line, a major discontinuity which borders the Ivrea Zone to the West and to the North, is without doubt a very old feature; it has had important repercussions on the whole system during both Hercynian and Alpine times. The study of the relationships in the Ivrea Zone shows that it overlies unconformably the mantle; this disequilibrium has also been brought to light by the recognition of gravimetric and seismic anomalies, and the products of basic and ultrabasic magmatism: the old gabbro-noritic complex; peridotite massifs of unknown age; an ophiolitic complex of Alpine age, emplaced along structural discontinuities, very probably satellites of the Insubric line.

La Zone d'Ivrée, définie depuis 1905 par l'Office géologique italien, est l'unité structurale la plus interne des Alpes Occidentales. Elle se suit sur 160 km depuis la région d'Ivrée au S jusqu'au N du lac de Côme. Elle est séparée de la Zone Sesia-Lanzo à W par une discontinuité majeure, la ligne insubrique, orientée SW-NE entre Ivrée et la Toce, puis WSW-ENE au-delà de la Toce, et jalonnée fréquemment par les écailles de la Zone du Canavese.

I. Série d'Ivrée et Série des Lacs

Sur la carte au 1/100 000, Varallo, n° 30, on a très justement distingué à l'E de la ligne insubrique, ou alpino-dinarique, d'une part la Série diorito-kinzigitique d'Ivrée et d'autre part à l'E de cette dernière, la Série des Lacs avec ses nombreux massifs de roches éruptives (granites de Baveno, Monte Orfano, Quarona, Quarona et porphyres d'Iselle).

Cette distinction est à mon sens pleinement justifiée mais il n'apparaît pas clairement quelle en est la signification exacte: séries stratigraphiques originellement distinctes? métamorphisme d'intensité variable s'appliquant sur une seule série très différenciée? Il convient donc de continuer à distinguer au sein de la Zone d'Ivrée, unité structurale bien définie à l'échelle de la chaîne alpine, deux séries cristallophylliennes qui en forment l'ossature: la Série d'Ivrée et la Série des Lacs. Il ne sera traité ici que de la Série d'Ivrée comprise entre les rivières Sesia, au S, et Toce, au N. Il ne s'agira pas d'une monographie régionale exhaustive mais d'un simple exposé de quelques observations et réflexions pouvant contribuer à une meilleure connaissance de l'histoire géologique des formations de cette région et du rôle de la Zone d'Ivrée dans l'édification des Alpes.

II. Le matériel de la Série cristallophyllienne d'Ivrée

L'inventaire des divers faciès pétrographiques qui constituent la Série d'Ivrée a été établi par ARTINI et MELZI, 1900. Seules quelques retouches

peuvent être apportées en ce qui concerne les descriptions minéralogiques et pétrographiques, D'autres plus importantes sont à faire, bien sûr, sur la genèse des diverses variétés lithologiques car les idées en ce domaine ont évolué depuis le début du siècle.

A. Nomenclature

Il convient d'examiner ce que couvrent certains mots couramment utilisés dans la littérature.

1. *Diorite*. Ce terme est à bannir car à ma connaissance il n'existe pas de véritable diorite au sens pétrographique exact du terme. Certaines roches de la Série d'Ivrée peuvent avoir des compositions minéralogiques et chimiques proches de celles des diorites mais aucune n'en présente les caractères de texture, de structure et de gisement.

2. „*Formation basique*“. Pour certains auteurs on a affaire à un ensemble de roches basiques depuis des diorites jusqu'à des roches ultrabasiques. Or il apparaît que si des liens étroits existent entre diverses variétés de roches basiques de cette région, par contre les roches ultrabasiques qui forment des petits massifs recoupants comme celui de Campello Monti, ne font pas partie de la Série d'Ivrée s. str. (LOSCHI GHITTONI, 1964). En outre, il ne faut pas oublier que le matériel basique ne constitue qu'une partie de la Série d'Ivrée et à plus forte raison de la Zone d'Ivrée.

3. *Kinzigite*. Ce terme semble avoir été employé la première fois pour cette région par NOVARESE (1906), pour désigner des roches massives, zonées ou schisteuses à „feldspath triclinique, grenat, sillimanite, biotite, graphite“. Il en distinguait plusieurs variétés; kinzigités proprement dites, gneiss kinzigitiques, stronialites, schistes et gneiss à sillimanite, halleflinta. Il ne me paraît pas souhaitable de continuer à employer ce terme trop spécifique et en même temps sujet à des extensions abusives.

4. *Stronalites*. Il s'agissait pour ARTINI et MELZI (1900) de toutes les roches sans pyroxène ni amphibole associées aux roches basiques. Les variétés en étaient très nombreuses: roches massives à quartz, feldspath, grenat souvent riches en sillimanite ou en biotite, parfois sans biotite. Leur acidité variait: alternance de termes à plagioclase sans quartz avec d'autres à quartz et orthoclase. Ces auteurs soulignaient certaines ressemblances du point de vue minéralogique et du fait de leur association avec des roches basiques à hypersthène avec les granulites de Saxe. Mais il ne voulaient pas employer ce dernier terme car pour eux, à l'inverse des granulites, les „stronalites“ avaient un aspect massif et ne pouvaient se diviser en petites strates. En outre, le terme de gneiss ne pouvait convenir car ils considéraient les „stronalites“ comme d'origine éruptive. Ils les considéraient comme un „cas grandiose de liquéfaction stratiforme d'un magma éruptif“... Les stronalites pouvaient même être,

selon eux, les „roches-mères des granulites“ interprétées à l'époque comme des orthoschistes.

En 1964, BERTOLANI reprend le problème des stronalites qu'il assimile à des granulites. Il en distingue des termes basiques amphibolo- ou pyroxéno-grenatifères avec peu de quartz et des termes acides avec feldspaths micro- ou mésoperthitiques, grenat, quartz (parfois en faible quantité), sillimanite, graphite, parfois hypersthène. Il propose, dans la mesure où le terme stronalite est conservé, de le réserver aux termes acides, c'est-à-dire aux roches massives à feldspath et grenat qui sont pour lui le produit de la granitisation particulière de la Série kinzigiton-amphibolique et exceptionnellement aussi de la Série gabbro-noritique Ivrea-Verbano. Et il compare ces stronalites acides aux khondalites recristallisées des Indes. Quant aux stronalites basiques, elles devraient être définies comme granulites à amphibole, pyroxène, grenat.

Pour ma part, je crois qu'il n'est pas utile de donner un nom spécifique comme celui de stronalites à des roches gneissiques qui sont assez courantes dans de nombreuses séries cristallophylliennes. De plus ce terme avait été créé avec un sens génétique qu'on ne peut plus conserver.

B. Ensembles lithologiques

La Série cristallophyllienne d'Ivrée est constituée de plusieurs catégories de schistes cristallins dont les uns sont d'origine éruptive, les autres d'origine sédimentaire. Un trait majeur à souligner immédiatement est leur interstratification qui ressort clairement sur la carte Varallo, en particulier au N de la Sesia. Ne font pas, à proprement parler, partie de cette série les roches éruptives qui la recoupent (par exemple les massifs ultrabasiques) ni les sédiments qui y sont pincés le long de zones cicatricielles.

On peut distinguer les principaux ensembles suivants: paragneiss à dominante alumineuse (anciennes kinzigites et stronalites); orthogneiss basiques (ancienne „formation basique“); calcaires cristallins; faciès divers. Les descriptions des différents faciès pétrographiques ne seront pas données ici et on s'attachera simplement à dégager certains caractères permettant d'approcher le problème de leur origine, de leur genèse et de leur histoire.

1. *Paragneiss.* Ce sont les formations notées K sur la carte Varallo. Elles prédominent sur les orthogneiss basiques (β , β_1) au N d'Alpe Campo et à l'E d'une ligne passant par Coggiola et Varallo.

Les types en sont très variés des points de vue des textures (massive, feuilletee), des structures (granoblastique, lépidoblastique, nématoblastique) et des paragenèses. Au sujet de ces dernières, on peut dire que les deux éléments prédominants sont le quartz et le plagioclase (andésine fréquente), puis en proportions variables, biotite, grenat, sillimanite; le microcline est loin d'être

constant; la muscovite s'observe avec biotite et grenat mais aussi parfois avec sillimanite et microcline.

Comme autres minéraux présents, en général à titre accessoire, citons: chlorite, epidote, allanite, scapolite, sphène, rutile, apatite, zircon, graphite, sulfures. La cordiérite a été trouvée dans quelques lames mais il est possible qu'elle soit un produit du métamorphisme de contact développé autour du granite de Quarona.

Le problème se pose de savoir sous quelles conditions de pression et température se sont développées les paragenèses observées. Il ne m'est pas possible à l'heure actuelle de le résoudre valablement. Sous réserve des résultats obtenus à la suite des études en cours, il semble qu'il s'agit d'abord d'un métamorphisme de „type Barrow“.

Mais les paragenèses observées apparaissent assez „flottantes“. Il a, par exemple, été observé dans une lame le développement secondaire de sillimanite aux dépens de la muscovite, avec corrélativement début d'apparition de feldspath potassique. On serait là à la limite des subfaciès disthène-almandin-muscovite et sillimanite-almandin-orthose du faciès amphibolite à almandin.

D'un autre côté, on note parfois la présence de perthites (ou d'antiperthites), et souvent celle de rutile. L'orthopyroxène étant par ailleurs abondant dans les orthogneiss basiques ou serait ainsi tenté d'admettre que localement on ait des paragenèses du faciès granulite.

Il n'est d'ailleurs pas interdit de penser, dès maintenant, qu'une certaine zonographie apparaisse: la partie occidentale de la Série d'Ivrée semble présenter en effet des paragenèses de plus hautes pressions et températures que celles de la partie orientale. Enfin certains indices laissent entrevoir également l'existence de plusieurs métamorphismes superposés.

2. Orthogneiss basiques. Ce sont les variétés pétrographiques groupées sous le vocable de „Diorite“ ou de „Formation basique d'Ivrée“ et qui constituent l'essentiel de la moitié occidentale de la Série d'Ivrée. Elles forment ainsi une bande d'environ 50 km dans le sens NNE et de 8 km à hauteur de Varallo dans le sens EW. Au N de Alpe Campo il ne s'agit plus que de bandes isolées, intercalées dans les paragneiss et dont la puissance n'excède pas 1 km.

Comme il a été dit, le vocable de „Diorite“ ne doit pas être utilisé pour qualifier cet ensemble, car on est en présence d'orthogneiss dont la très grande majorité ne dérive même pas de diorites mais de gabbros ou norites.

En effet ces roches caractérisées par la présence de plagioclases calciques et de minéraux mafiques souvent abondants (pyroxènes, amphiboles) montrent des traces évidentes de phénomènes métamorphiques. J'en citerai quelques-uns:

a) *Granulation.* Il est courant que les roches éruptives basiques, soumises à un métamorphisme régional, recristallisent complètement. Les structures primaires disparaissent pour donner des structures granoblastiques ou grano-

nématoblastiques. Ici le phénomène n'est pas général, mais il s'observe quand même fréquemment. On obtient ainsi, par exemple, des plagioclasites à ortho- et clinopyroxène, hornblende brun-vert, biotite; des pyroxénites (dans le sens „métamorphique“ du terme) à plagioclase, hornblende brune, grenat, sphène; parfois des gneiss à pyroxène et grenat, etc.

b) *Ouralitisation*. Celle-ci peut être de deux sortes: développement de hornblende brune aux dépens des divers pyroxènes et en ce cas elle peut être aussi primaire; ou bien altération en hornblende brun-vert, ou vert-bleu, ou en trémolite. Il s'agit alors d'un phénomène métamorphique surtout s'il s'accompagne de modifications des structures et d'autres phénomènes tels que sausurisation ou grenatisation.

c) *Grenatisation*. Ce phénomène est particulièrement remarquable dans les roches basiques de la Série d'Ivrée. Certains affleurements montrent des grenats de plusieurs centimètres de diamètre. Ils sont très souvent poecilitiques ou bien forment des structures „coronaires“ autour des pyroxènes, analogues par exemple à celles décrites par BUDDINGTON (1963), dans les Adirondaks.

Il n'est guère possible d'admettre ici une cristallisation primaire de gabbro à grenat. Il est beaucoup plus logique de considérer ce grenat comme secondaire et d'admettre qu'il a cristallisé lors d'un métamorphisme régional. Les exemples dans la littérature ne manquent pas sur ce sujet et plusieurs réactions sont possibles pour donner du grenat à partir d'anorthite ou de pyroxène ou de ces deux minéraux. D'ailleurs la présence de quartz dans certains faciès pourrait s'expliquer par de telles transformations.

d) *Biotitisation*. La biotite est parfois présente dans certains orthogneiss basiques. Elle se développe, en faible quantité toutefois, aux dépens des pyroxènes ou des amphiboles. L'origine du potassium nécessaire est difficile à préciser: les roches éruptives basiques peuvent en contenir (moyenne de 0,89% de K₂O dans les gabbros, d'après RANKAMA et SAHAMA, 1950) mais dans certains cas il n'est pas impossible qu'il y ait eu une certaine métasomatose.

e) *Mode de gisement*. Comme autre argument en faveur du caractère gneissique des roches basiques de la Série d'Ivrée il y a leur interstratification dans les paragneiss. On voit mal, en effet, des masses gabbroïques se mettre en place de façon systématique dans les plans de foliation de schistes cristallins sortis du domaine métamorphique. Il est plus normal d'admettre que la mise en place s'est opérée, peut-être à la manière des coulées ophiolitiques, avant le métamorphisme qui a transformé en paragneiss les sédiments originels.

En ce qui concerne les conditions sous lesquelles ont été transformés gabbros et norites originels, il ne m'est pas encore possible de trancher. La présence presque constante d'orthopyroxène n'est pas, dans de telles roches, automatiquement l'indice d'un métamorphisme de faciès granulite. Ici l'hypersthène pouvait en grande partie être présent initialement. En outre on n'a pas

le phénomène généralisé d'hypersthénisation des clinopyroxènes caractéristiques dans certains cas d'un métamorphisme de très haute intensité (GIRAUD, 1960).

Pour la hornblende on en a plusieurs variétés: la hornblende brune, qui a de bonnes chances d'être primaire; la hornblende brun-vert qui, elle, est vraisemblablement secondaire, ainsi que la hornblende verte. La hornblende brun vert, on le sait, participe très souvent aux paragenèses du subfaciès granulite à hornblende. Mais elle n'est pas là non plus une preuve péremptoire de la transformation de la masse gabbro-noristique sous les conditions d'un des subfaciès du faciès granulite. On sait, en effet, que des roches initialement pauvres en ions OH comme des gabbros peuvent donner des paragenèses de type faciès granulite dans les zones supérieures du métamorphisme.

Des autres minéraux constitutifs des orthogneiss basiques pouvant à l'heure actuelle être utilisés valablement comme repères il y a les grenats. Des analyses sont nécessaires pour savoir s'ils se rapprochent des grenats du faciès amphibolite à almandin ou de ceux du faciès granulite.

3. *Calcaires cristallins.* Ils ne sont présents qu'à l'E d'une ligne passant, du S au N, par Coggiola, Varallo, Samberghetto, Ornavasso. Sans doute s'agit-il là d'un fait paléogéographique important en ce qui concerne la stratigraphie de la série originelle. Les faciès de la partie orientale de la Zone d'Ivrée seraient moins profonds que ceux de l'W.

Les paragenèses de ces calcaires cristallins sont très variées. Dans certains cas on a à faire à des roches carbonatées très pures mais le plus souvent de très nombreux autres minéraux que les carbonates sont présents: quartz, plagioclase, phlogopite, actinote, trémolite, pyroxène, scapolite, olivine, serpentine, sphène, apatite, graphite, sulfures. Certains de ces minéraux ont cristallisé lors du métamorphisme régional mais d'autres sont nés lors de la mise en place des granites intrusifs hercyniens.

4. *Faciès divers.* Si l'essentiel de la série cristallophyllienne est constitué des trois principaux ensembles précédents on note en outre la présence de diverses formations dont l'importance volumétrique est plus faible mais dont la signification peut être importante quant à l'interprétation de la succession des phénomènes géologiques dont la Série d'Ivrée a été le siège.

Pour l'instant nous ne ferons qu'énumérer quelques-uns de ces faciès accessoires.

Certains font partie de la Série d'Ivrée s. str., c'est-à-dire qu'ils y sont parfaitement interstratifiés. Ainsi en est-il des *amphibolites* dont le classique „gabbro de Nibbio“ en est un exemple typique.

D'autres roches sont incluses dans la Série d'Ivrée mais sont postérieures aux phases majeures de son métamorphisme et de son plissement: filons basiques ou à composition granitique qui ont eux-mêmes été affectés par des déformations et des recristallisations; petits massifs éruptifs ultrabasiques

dont ceux de Campello Monti et Monte Capio qui, selon LOSCHI GHITTONI (1964), sont plus jeunes que les „métamorphites kinzigitiques“, mais „plus anciens que les grandes dislocations de la ligne insubrique“.

III. Problème de l'âge de la Série d'Ivrée

Disons tout de suite qu'il n'est pas encore résolu de façon certaine. De quels éléments dispose-t-on ?

A. Données géologiques

Elles sont réduites. L'âge antépermien est certain du fait que l'ensemble rhyolito-ignimbritique de la région SE de Borgosesia, surmonté de Trias et de Lias, est discordant sur les gneiss de la Série d'Ivrée.

Ceux-ci sont recoupés en outre par des granites hercyniens tels ceux de Quarona et Quarna qui y développent un métamorphisme de contact. Signalons aussi l'existence d'une pincée de calcschistes, attribuables sans doute au Lias, sur le bord de la route de Balmuccia à Rossa (Val Sermenzo).

B. Données géochronologiques

On ne dispose pas encore d'âges radiométriques suffisamment nombreux pour faire la chronologie des divers phénomènes géologiques ayant conduit à des recristallisations.

En outre ils montrent une dispersion entre 795 Ma et 150 Ma, avec toutefois quelques groupements dont on peut quand même essayer d'en apprécier la signification.

1. Ages antécambriens. Il s'agit de deux âges plomb-total sur zircons, respectivement 613 Ma (BUCHS et al., 1962) et 795 Ma (BERTRAND et al., 1965), obtenus sur des gneiss de la Strona. De tels âges n'auraient absolument rien d'aberrant et subjectivement je pense qu'ils sont valables. Quand on compare en effet la Série d'Ivrée avec les autres séries cristallophylliennes des Alpes, dont l'âge hercynien ou alpin est prouvé, on ne peut s'empêcher de considérer la première comme „plus vieille“, pas tellement en raison de sa cristallinité que du fait des intenses fracturations souvent cicatrisées qu'elle montre. En outre, à côté des masses d'orthogneiss basiques qui sont interstratifiées dans les paragneiss, on observe de nombreux filons basiques dont le caractère recoupant est encore visible malgré leur orthogneissification. Celà témoigne d'une suite complexe d'événements tectoniques et métamorphiques n'appartenant pas à un même cycle orogénique. On peut donc dire qu'un âge antécambrien est possible sinon probable pour la majeure partie du matériel de la série cristallophyllienne d'Ivrée, en particulier les paragneiss alumineux et les orthogneiss basiques.

2. Ages hercyniens. Il s'agit d'une part d'un âge obtenu par la méthode des

dommages dus à la radioactivité sur un gneiss à biotite: 266 ± 20 Ma (CHESSEX, 1962), et d'autre part de plusieurs datations faites par des méthodes diverses sur plusieurs variétés de minéraux extraits de granites (de Baveno, de Monte Orfano): 253, 266, 268, 269, 273, 274, 275 Ma (JÄGER et FAUL, 1960; BUCHS, et al., 1962; CHESSEX, 1962; PASTELS, 1964). Il y a aussi les âges de 246 ± 4 Ma et 160 ± 100 Ma obtenus tous deux sur la péridotite de Finero respectivement par la méthode K/Ar et Rb/Sr sur phlogopite (KRUMMENACHER et al., 1960; JÄGER, 1962).

Il y a je crois unanimité pour dire que le granite de Baveno et ses homologues (ou ses dépendances) se sont effectivement mis en place lors d'une phase, sans doute terminale, de l'orogenèse hercynienne. Il est à noter que ce plutonisme aurait été suivi presque immédiatement par le volcanisme permien.

Quant à l'âge de 266 ± 20 Ma obtenu sur des gneiss à biotite, la méthode employée ne permet sans doute pas de considérer ce résultat comme très significatif. En tout état de cause, il devra être confronté avec les âges radio-métriques qui seront fournis ultérieurement. Car autant il faut être prudent dans l'interprétation des mesures géochronologiques, autant il ne faut pas éliminer celles qui sont „génantes“.

3. Ages intermédiaires. (Entre hercyniens et alpins.) Il y a d'abord l'âge de 160 ± 100 Ma obtenu pour la péridotite de Finero et cité plus haut. Ensuite il y a l'âge de 172 ± 13 Ma obtenu par Rb/Sr sur l'amphibolite de Nibbio (JÄGER, 1962).

Enfin VIALETTE, du laboratoire de Géologie et Minéralogie de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, m'a communiqué le résultat (non publié) des mesures qu'il a effectuées sur une biotite extraite d'un gneiss à biotite, muscovite, sillimanite, grenat, situé sur le bord amont de la route Chesiolo-Luzzogno qui longe un affluent gauche de la rivière Strona (longitude ouest par rapport au méridien de Rome: $4^\circ 07' 10''$; latitude nord: $45^\circ 54' 55''$). Ces résultats sont les suivants: teneur Rb = 459 microgrammes/gramme de biotite; teneur Sr primaire = 36 microgrammes/gramme de biotite; rapports isotopiques: $87\text{Sr}^*/86\text{Sr}$ calculé = 0,8207; $87\text{Sr}^*/86\text{Sr}$ mesuré = 0,8255; $87\text{Rb}/85\text{Sr}$ = 36,98. *Age = 204 ± 6 Ma.*

Cette mesure isolée à laquelle s'ajouteront ultérieurement des mesures sur muscovite et sur roche totale ne peut pas amener à des conclusions valablement fondées. Il a pu y avoir perte de Sr radiogénique ou gain de rubidium par altération météorique. Ou bien la biotite a pu être réchauffée à l'alpin sans recristalliser totalement d'où un âge intermédiaire entre l'hercynien et l'alpin.

En définitive aucune conclusion péremptoire ne peut encore être avancée au vu de ces résultats trop isolés si ce n'est l'âge hercynien (au sens large) des granites intrusifs qui paraît bien prouvé. On ne peut que supposer un âge précambrien pour la Série d'Ivrée et son rajeunissement possible, tant à l'hercynien (peut-être d'ailleurs aussi au calédonien) qu'à l'alpin.

IV. Signification de la Zone d'Ivrée dans l'architecture alpine

Deux traits structuraux majeurs caractérisent, vis-à-vis du reste des Alpes, la Zone d'Ivrée, c'est-à-dire : Série d'Ivrée, Série des Lacs, granites hercyniens, porphyrites et ignimbrites permianes, lambeaux triasico-liasiques.

- La ligne insubrique qui la borde à W et au N, et dont la forme est celle même de l'Arc alpin ;
- l'anomalie qu'elle paraît constituer, vis-à-vis des autres unités alpines, d'après les résultats obtenus à la suite des prospections séismiques entreprises dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale (Recherches Séismologiques, CNRS, 1963).

Or pour certains géophysiciens, on peut interpréter la culmination à 10 km au-dessous de la surface, de matériaux à vitesse des ondes L voisine de 7,4 km/sec, comme la remontée à ce niveau de la discontinuité de Mohorovičić.

Par ailleurs il y aurait quasi superposition de la ligne insubrique et de la brusque remontée vers l'E de la discontinuité de Mohorovičić.

Quelques réflexions peuvent être faites en confrontant ces deux données et en faisant certaines comparaisons avec d'autres régions du monde.

De grandes discontinuités majeures se suivent parfois sur plus de 1000 km s'observent fréquemment dans les boucliers précambriens. Ils séparent des séries cristallophylliennes déposées, métamorphisées, plissées et érodées au cours de cycles orogéniques distincts. Comme exemple citons au Hoggar la discordance structurale entre Série d'In Ouzzal (~ 2800 Ma) et la Série Suggarienne (~ 1800 Ma mais rajeunie vers 500 Ma): GIRAUD (1961, 1964), BLACK (1967), LELUBRE (1967).

Dans le bouclier précambrien canadien, le fameux „Front de Grenville“ limite au N le „Supérieur“, ~ 2500 Ma et au S le „Grenville“, ~ 950 Ma (Geol. Surv. Canada, Pap. 61—17 à 66—17).

Dans l'W Africain on constate que les restes des plus vieilles chaînes précambraines forment une mosaïque dont les fragments sont ceinturés par des chaînes plus récentes (KENNEDY, 1964; ROCCI, 1965; BLACK, 1967).

Ainsi on pourrait regarder la Série d'Ivrée, sans doute antécambrienne, comme une relique de la vieille masse continentale aux dépens de laquelle se sont édifiées les chaînes hercyniennes, puis alpines. Cette masse initiale, rigide, a dû être découpée dès l'Hercynien et peut-être même avant, par une série d'accidents majeurs qui déterminèrent divers bassins de subsidence. L'un de ces accidents pouvait déjà se situer sensiblement à l'emplacement de la ligne insubrique.

Cette discontinuité a bien sûr rejoué à l'Alpin puisqu'en particulier elle est jalonnée par les copeaux triasico-liasiques de la Zone du Canavese. En outre on peut considérer que toute la Zone d'Ivrée a dû être „soulevée“ après l'oro-

genèse hercynienne: on trouve des lambeaux de terrains sédimentaires (non encore datés avec précision mais analogues à certains schistes liasiques du Canavese) coincés le long de zones cicatricielles en plein cœur de la masse basique principale (Val Sermenza). Et cette remontée a dû être très précoce. En effet les âges obtenus par exemple sur biotite (Rb/Sr) attestent qu'il n'y a pas eu de rajeunissement alpin. Le plus récent, dont la signification est encore obscure, date des alentours de 150—200 Ma. On peut donc admettre que la surrection de la Zone d'Ivrée était faite lors des phases majeures (tertiaires) de métamorphisme et de plissement du cycle alpin.

D'autres discontinuités également très anciennes, parallèles au moins sur une certaine distance à la ligne insubrique n'ont pas en quelque sorte été suffisamment réactivées à l'Alpin pour mettre au jour le tréfond antécambrien. Ainsi en serait-il de la Zone de Viù qui a toutefois joué un rôle capital comme l'a montré NICOLAS (1966), puisque c'est par elle qu'ont dû être acheminées certaines coulées ophiolitiques.

On pourrait ainsi envisager pour cette partie orientale des Alpes occidentales, une série de grandes discontinuités décalant le „socle“ en une série de marches d'escaliers, la pente étant dirigée vers W.

Enfin, on peut penser que la ligne insubrique, discontinuité structurale d'une ampleur considérable, est liée à des déséquilibres produits dans le manteau. Ceux-ci auraient provoqué à la fois la remontée de la Moho à l'E et sa plongée à W (par rapport à la ligne insubrique), ces deux mouvements opposés n'étant toutefois pas automatiquement synchrones.

Dans cette optique, le déplacement qu'aurait subi la Zone d'Ivrée au cours de l'édification de la chaîne alpine serait évidemment, sinon nul, du moins sérieusement réduit.

Conclusion

Essai de reconstitution historique de la partie sud de la Zone d'Ivrée

Durant des temps antéhercyniens (précambriens, infracambriens, ou calédoniens?) se déposèrent, sur un socle inconnu, des formations silico-alumineuses comportant, vers leur sommet, des faciès carbonatés. A la base de cette série sédimentaire bien différenciée se mit en place un puissant complexe éruptif essentiellement gabbro-noristique, à la façon soit d'un sill, soit d'un lopolite, soit d'une intrusion stratiforme de type ophiolitique.

Cet ensemble fut soumis, lors d'un métamorphisme régional, à des conditions thermo-dynamiques encore mal définies: localement peut-être celles du faciès granulite, mais pour l'essentiel, celles du faciès amphibolite à almandin. Il fut également plissé selon une direction majeure apparemment comprise entre NNE et ENE.

Après ce cycle initial dont quelques âges radiométriques situent l'épisode métamorphique (ou la phase de surrection) dans le Précambrien supérieur, et au cours duquel se constituèrent les paragneiss alumineux, les orthogneiss basiques et les calcaires cristallins de la Série d'Ivrée, nous ne disposons pas de renseignements suffisants qui puissent nous permettre de suivre son évolution.

A l'Hercynien, on ne connaît de façon certaine qu'un plutonisme granitique terminal daté de 270 Ma environ suivi presqu'immédiatement du volcanisme acide permien. Mais il est certain que la Série d'Ivrée a participé au cycle hercynien durant lequel se constituèrent en particulier les schistes cristallins de la Zone Sesia-Lanzo toute proche ou des massifs cristallins internes (MICHEL, 1953). Au sein de ces derniers il ne serait d'ailleurs pas impossible de rencontrer des résidus très transformés de formations de même âge que celui de la Série d'Ivrée; par exemple, comme le laisse entrevoir VIALON (1966), certains éléments de l'„ensemble des gneiss glanduleux“ du Massif de Dora Maira.

Dès le début du cycle hercynien la ligne insubrique a dû fonctionner, permettant, avec d'autres discontinuités plus ou moins parallèles situées à W et en partie masquées à l'heure actuelle (zone de Viù par exemple), l'établissement de fossés subsidents d'où surgirent les chaînes hercyniennes. Et à la suite de BRUNN (1967), on peut admettre que vers la fin du Carbonifère, la Zone d'Ivrée a joué le rôle d'une zone géanticinale, entre le sillon molassique pennique à W et la mer mésogéenne à l'E.

Après le plutonisme et le volcanisme finihercynien, la suite des événements n'apparaît pas clairement. S'il se confirmait que les schistes noirs, pincés dans une zone cicatricielle en plein cœur de la masse d'orthogneiss basiques ivréens sont bien les homologues des schistes liasiques des écailles du Canavese on serait conduit à admettre qu'une partie, sinon la totalité de la zone d'Ivrée, a été envahie par la mer au Lias.

Toujours est-il que l'absence d'âges radiométriques vraiment alpins pour les diverses formations cristallines de la Zone d'Ivrée conduit à admettre une „remontée“ très précoce de cette dernière par rapport au domaine pennique. On peut d'ailleurs noter qu'elle se situe dans le prolongement nord de la „Ride insubro-lombarde“ mise en évidence dans l'Apennin et la région de Montferrat par G. ELTER, et al. (1966).

Cette surrection de la Zone d'Ivrée serait due à un nouveau déséquilibre dans le manteau dont le mouvement ascendant à l'E de la ligne insubrique aurait eu pour effet, entre autre, de mettre au jour la „Série cristallophyllienne d'Ivrée“ petit mais précieux témoin du très vieux matériel aux dépens duquel se sont édifiées les Alpes actuelles.

Enfin on doit noter que cette région interne des Alpes a été le siège à diverses époques de manifestations magmatiques basiques et ultrabasiques qui attestent encore de déséquilibres sous crustaux permanents: corps gabbro-noristique

stratiforme très ancien de la Série d'Ivrée; petits massifs ultrabasiques recouvrant cette dernière mais dont l'âge absolu n'est pas encore bien établi; puissant complexe ophiolitique mésozoïque dont quelques fragments ont été signalés dans les écailles externes de la zone du Canavese et dont la mise en place, dans le domaine pennique voisin, a dû se faire le long de discontinuités satellites de la ligne insubrique.

Bibliographie

- ARTINI, E. et MELZI, G. (1900): Ricerche petrographiche et géologiche sulla Valsesia. Tip. Bernardoni di C. Rebeschini e C., Milano, 390 p.
- BARBIER, R., BLOCH, J. P., DEBELMAS, J. et al. (1961): Problèmes paléogéographiques et structuraux dans les zones internes des Alpes occidentales entre Savoie et Méditerranée. Livre mém. P. Fallot. Soc. géol. Fr., 1960—1963, p. 331—377.
- BERTOLANI, M. (1958): Contributo allo studio petrografico della cosiddetta „formazione dioritico-kinzigitica“: le azioni metamorfiche nelle rocce di Val Bagnola (Val Sesia). Rend. Soc. Min. Ital., p. 55—116.
- (1960): Contributo allo studio petrografico della cosiddetta „formazione dioritico-kinzigitica“: variabilità petrografica e azioni metamorfiche nella zona di Civiaseo (Val Sesia). Period. Mineral., 29, p. 194—268.
- (1961): Fenomeni di granitizzazione e di contatto nella zona di Quorna (Novara). Rend. Soc. Mineral. Ital., 17, p. 65—108.
- BERTOLANI, M., TOGNETTI, G. e al. (1963): Ricerche petrografiche nella bassa valle Strona (Novara). Rend. Soc. Mineral. Ital., n° 19, p. 41—67.
- BERTOLANI, M. (1964): Le Stronaliti. Rend. Soc. Mineral. Ital., p. 31—69.
- BERTRAND, J., CHESSEX, R., DELALOYE, M., LAURENT, R. et VUAGNAT, M. (1965): Déterminations d'âges „plomb total“ sur des zircons de la chaîne alpine. SMPM 45, p. 317—326.
- BLACK, R. (1967): Sur l'ordonnance des chaînes métamorphiques en Afrique occidentale. Chron. Mines Rech. Min. Paris, 35, n° 364, p. 225—238.
- BRUNN, J. H. (1967): Recherches des éléments majeurs du système alpin. Rev. Géog. phys. et Géol. dynam., IX, p. 17—34.
- BUCHS, A., CHESSEX, R., KRUMMENACHER, D., VUAGNAT, M. (1962): Ages „Pb total“ déterminés par fluorescence X sur les zircons de quelques roches des Alpes. SMPM, 42/2, p. 295—306.
- BUDDINGTON, A. F. (1963): Isograds and the role of H_2O in metamorphic facies of orthogneiss of the northwest Adirondak area, New-York. Bull. Geol. Soc. Amer., 74, p. 1155—1182.
- CHESSEX, R. (1962): Déterminations d'âge de quelques roches des Alpes du Sud et des Apennins par la méthode des dommages dus à la radioactivité. SMPM, 42/2, p. 653 à 655.
- DEBELMAS, J., LEMOINE, M. (1964): La structure tectonique et l'évolution paléogéographique de la chaîne alpine d'après les travaux récents. Information Scientifique n° 1, J. B. Baillière et Fils, éd., Paris, 33 p.
- ELTER, G., ELTER, P., STURANI, C. et al. (1966): Sur la prolongation du domaine ligure de l'Apennin dans le Montferrat et les Alpes et sur l'origine de la nappe de la Simme s. l. des Préalpes romandes et chablaisiennes. Bull. Lab. Géol. Miner. Géoph. Université Lausanne, p. 279—374.
- GIRAUD, P. (1960): Les roches basiques de la région d'Andriamena à Madagascar et leur minéralisation chromifère. Tananarive, Imprimerie Officielle. 95 p.

- (1961): Les charnockites et les roches associées du Suggarien à faciès In Ouzzal (Sahara algérien). Bull. Soc. géol. Fr. Paris 7e série, 3, p. 165—170.
- (1964): Les roches à caractère charnockitique de la Série d'In Ouzzal en Ahaggar (Sahara central). Essai de nomenclature des Séries charnockitiques. Communication XXIIe Session Cong. Geol. Intern. (A paraître.)
- (1964): Essai de classification modale des roches à caractère charnockitique. Bull. Bur. Rech. Géol. Min., n° 4, p. 1—17.
- GOGUEL, J. (1963): L'interprétation de l'Arc des Alpes Occidentales. B.S.G.F., t. V, n° 1, p. 20—29.
- JÄGER, E. und HUTTENLOCHER, H. (1955): Beobachtungen an basischen Plagioklasen der Ivrea-Zone. SMPM, 35, p. 206—207.
- JÄGER, E. (1962): Rb-Sr Age Determinations on Micas and Total rocks from the Alps. J. Geophys. Res., 67/13, p. 5293—5305.
- KENNEDY, W. Q. (1964): The structural differentiation of Africa in the Pan-African (± 500 m-y) tectonic episode. 8th Ann. Rep. on Sci Results'. Leeds. p. 48.
- KRUMMENACHER, D., EVERNDEN, J. F., VUAGNAT, M. (1960): Sur l'âge absolu de la péridotite micacée de Finero (Zone d'Ivrée). Arch. des Sc. Genève, 13/3.
- LELUBRE, M. (1967): Chronologie du Précambrien du Sahara central. Commun AZOPRO, 11e Session. Kingston, Canada. (A paraître.)
- LOSCHI GHITTONI, A. G. (1964): Le rocce ultrafemiche della Valle Strona (Novara). Rendic. Soc. Ital. Anno XX, p. 153—177.
- MICHEL, R. (1953): Les Schistes cristallins des Massifs du Grand Paradis et de Sesia-Lanzo (Alpes franco-italiennes). Thèse, Sci. de la Terre, Nancy, I/3—4, 287 p.
- NICOLAS, A. (1966): Le complexe Ophiolites — Schistes Lustrés entre Dora Maira et Grand Paradis (Alpes Piémontaises). Thèse, Grenoble, 299 p.
- NIGGLI, E. (1946): Über den Zusammenhang zwischen der positiven Schwereanomalie am Südfuss der Westalpen und der Gesteinszone von Ivrea. Eclogae geol. Helv., 39/2, p. 211—220.
- NOVARESE, V. (1906): La zona d'Ivrea. Boll. Soc. geol. ital., XXV/1, p. 176—180.
- (1931): La Formazione Diorito-Kinzigitica in Italia. Boll. R. Uff. geol. ital., LVI/7, p. 1—62.
- RANKAMA, R., SAHAMA, TH. G. (1950): Geochemistry. The Univ. of Chicago Press. 912 p.
- Recherches séismologiques dans les Alpes occidentales au moyen de grandes explosions en 1956, 1958 et 1960. Redact. CLOSS, H. et LABROUSTE, Y., Paris, CNRS, 1963. Ann. géophys. Int. Série XII, fasc. 2, Séismologie. 241 p.
- ROCCI, G. (1964): Ages absolus, histoire et structure de l'Ouest du bouclier africain. C. R. Ac. Sci., Paris, 258, p. 2859—2862.
- (1965): Essai d'interprétation de mesures géochronologiques. La structure de l'Ouest Africain. Coll. Inter. CNRS, Nancy, Sci. de la Terre, t. X, p. 461—478.
- SCHILLING, J. (1957): Petrographisch-geologische Untersuchungen in der unteren Val d'Ossola. (Ein Beitrag zur Kenntnis der Ivreazone.) SMPM 37, p. 435—544.
- VIALON, P. (1966): Etude géologique du Massif cristallin Dora Maira, Alpes Cottiennes internes, Italie. Thèse, Grenoble, 282 p.
- WALTER, P. (1950): Das Ostende des basischen Gesteinszuges Ivrea-Verbano und die angrenzenden Teile der Tessiner Wurzelzone. SMPM 30, p. 1—143.
- WINKLER, H. G. F. (1965): La genèse des roches métamorphiques. Gap., Ophrys, 188 p.