

**LA GÉOLOGIE DE LA VALLÉE DU BREMBO
ET DE SES AFFLUENTS ENTRE LENNA
ET SAN PELLEGRINO**

BY

G. L. HOFSTEENGE.

Avec planche 5, 6, 7 et 8.

I N D E X.

	pag.
Préface	27 (3)
I. Aperçu général de la topographie et de la stratigraphie	28 (4)
II. Stratigraphie, paléontologie et pétrographie	31 (7)
1. l'Anisien	31 (7)
2. le Ladinien	32 (8)
3. le Carnien	39 (15)
4. le Norien	54 (30)
5. le Pleistocène	55 (31)
6. le Holocène	56 (32)
III. Les faunes du Ladinien et du Carnien; les circonstances de la sédimentation	57 (33)
IV. Conclusions sur les profils stratigraphiques des couches sédimentaires triasiques de la Valle Brembana.	62 (38)
V. Géologie tectonique	64 (40)
VI. Les minéraux utiles.	68 (44)
VII. Abréviations utilisées dans l'ouvrage.	80 (56)
VIII. Bibliographie	81 (57)

¹⁾ Déjà parues: No. 1: J. COSIJN, „De geologie van de Valli di Olmo al Brembo”.
No. 2: W. J. JONG, „Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina”.
No. 3: TH. H. F. KLOMPÉ, „Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo”.
No. 4: J. H. L. WENNEKERS, „De geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valle di Carisole”.

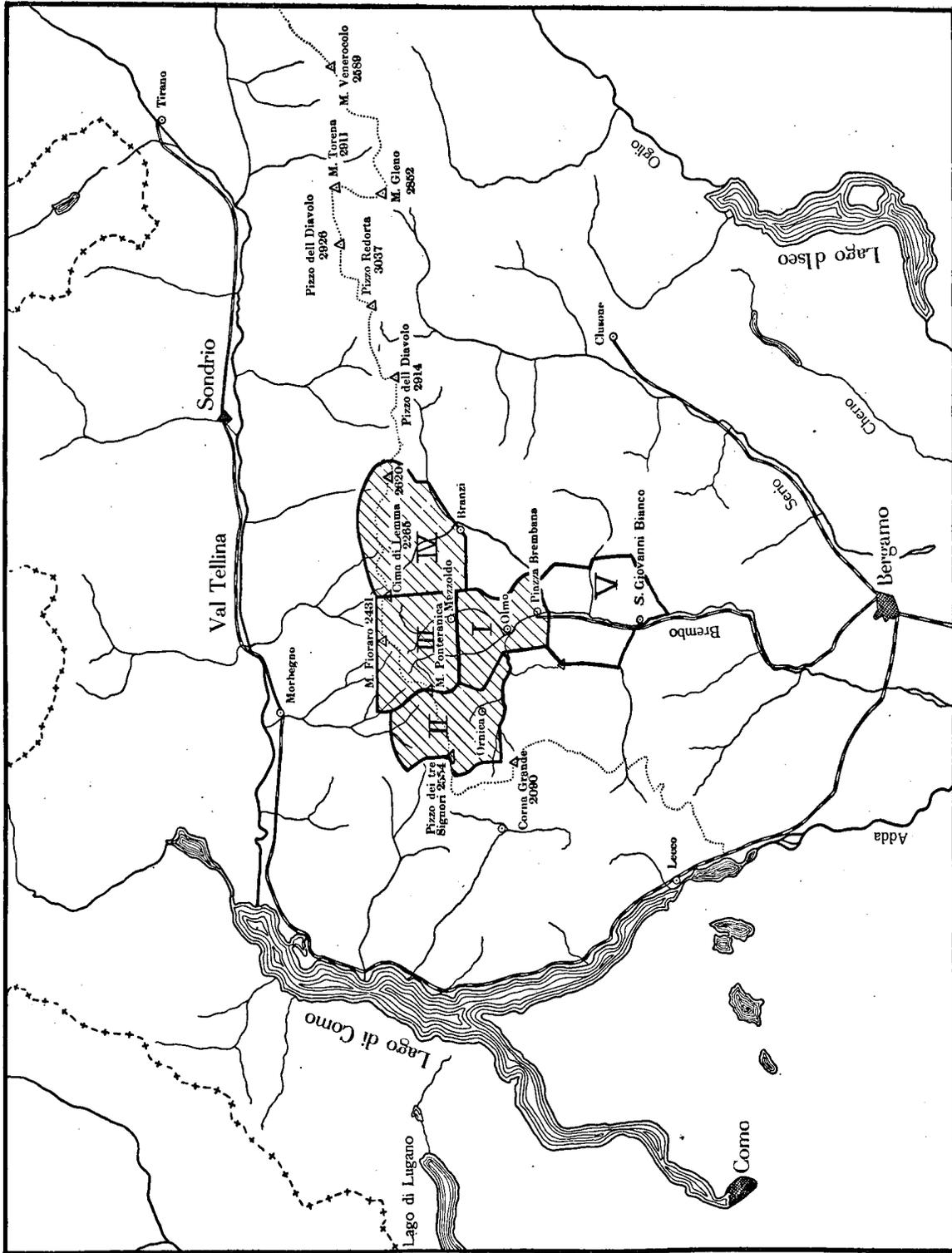


Fig. 1.

Esquisse du territoire entre le lac de Côme et le lac de l'Iseo. Echelle 1 : 500,000.

1. relevé par J. COSLIN 1926—1927.
2. " " W. J. JONG 1926—1927.
3. " " H. W. KLOPP'S 1921—1928.
4. relevé par J. H. L. WENNEKERS 1928—1929.
5. " " G. L. HOFSTEEGE 1929—1930.

P R E F A C E.

En mai 1929, sur le conseil de Monsieur B. G. ESCHER, professeur de géologie à l'Université de Leyde, nous avons entrepris de relever la carte géologique du terrain sédimentaire situé au sud de San Martino d'Calvi Sud dans la vallée du Brembo.

Nous avons rassemblé le matériel nécessaire à notre travail pendant les mois de mai à juillet 1929 et de mai à septembre 1930. Nous avons consacré à peu près un an à l'examen et à l'étude du matériel que nous avons rassemblé et confié au „Musée de Géologie et de Minéralogie” à Leyde.

Après avoir donné un court aperçu topographique et stratigraphique nous examinerons dans cette publication la stratigraphie ainsi que le contenu paléontologique et la pétrographie des roches sédimentaires. Ensuite nous discuterons quelques observations particulières concernant la faune fossile du Ladinien et du Carnien.

Après la partie stratigraphique, qui est la pièce de résistance de notre publication nous parlerons de la géologie tectonique.

Il nous a aussi semblé nécessaire d'écrire un chapitre spécial sur les minéraux utiles puisque jusque dans ces derniers temps l'extraction de minerais de zinc, de fluorine et de barytine a été faite de façon assez intensive sur le terrain dont nous avons relevé la carte géologique. Pour terminer nous avons dressé une liste des publications, employées dans cet ouvrage. Les chiffres entre parenthèses () on trait à cette bibliographie.

Nous ne voudrions pas terminer cette préface sans dire un bien sincère merci à Monsieur le prof. B. G. ESCHER pour ses excellents conseils et l'aide précieuse qu'il nous a apportée tant à Leyde qu'en Italie.

Nos remerciements aussi à Sac. Dr. ENRICO CAFFI, directeur du „Museo Civico di Storia Naturale” à Bergame, qui, pendant notre séjour en Italie nous a fourni de nombreux renseignements paléontologiques, ainsi qu'à Mr. J. JADOUL, directeur de la société „Mineraria Prealpina”, à Camerata Cornello et à Mr. F. LECCHI, directeur des mines de zinc à Oltre il Colle, pour les facilités qu'ils nous ont accordées pendant que nous étudions les centres miniers.

Enfin merci aussi au Dr. F. CLOSSER de Huy pour l'aide qu'il nous a apportée lors de la traduction de cette publication.

I. APERÇU GÉNÉRAL.

Topographie.

Le terrain étudié géologiquement comporte la partie de la Valle Brembana (c. à. d. de la vallée du Brembo), située entre San Martino d'Calvi Sud (Lenna) et San Pellegrino, au sud de celui dont COSLIN en 1926 et 1927 a relevé la carte géologique. (v. fig. 1).

A l'ouest il est borné par la crête du Monte Venturosa et du Monte Cancervo; à l'est par les limites des communes de Dossena et de San Martino. Au sud nous avons le Val Enna et la Valle d'Antea.

Comme base topographique nous avons employé les feuilles:

Piazza Brembana N.E.

Piazza Brembana S.E.

Clusone N.O.

Clusone S.O., de la Carta d'Italia, à l'échelle 1:25.000.

Le Brembo, qui suit à peu près la direction nord—sud dans le terrain exploré, divise le terrain en une partie Est et une partie ouest.

Dans cette rivière se jettent, du nord au sud, les affluents suivants:

la Parina.

la Secca.

l'Enna.

l'Antea.

Ces ruisseaux de montagne, qui contiennent beaucoup d'eau, surtout au printemps, ont dans leurs cours une importante différence de niveau. Aussi la société „Mineraria Prealpina” a-t-elle fait construire dans le cours supérieur de la Secca une petite centrale hydro-électrique, capable d'électrifier ses ateliers (laverie etc.). La centrale hydro-électrique de Camerata Cornello reçoit son eau du cours supérieur de la Parina. La hauteur de chute de l'eau est d'environ 400 mètres, alors que horizontalement les points d'afflux et d'écoulement sont éloignées de 7,5 km. La différence de niveau comporte donc au km. environ 50 mètres.

Au nord le terrain est assez accidenté, ce qui s'explique par la présence de calcaires du Trias inférieur qui résistent fortement à l'érosion. Au sud où affleure le Carnien, facilement sujet à l'érosion, le paysage est légèrement ondulé et recouvert d'une végétation luxuriante.

Stratigraphie.

Dans le terrain étudié, il n'y a que des roches sédimentaires triasiques, abstraction faite des dépôts holocènes et pleistocènes. Les plus anciennes

roches sont les calcaires de l'Anisien. Ensuite, les calcaires clairs du Ladinien, qui, en partie, sont de facies phytogène. Sur ces calcaires reposent les roches sédimentaires hétéropiques du Carnien, qui sont recouvertes par les puissants dépôts dolomitiques du Norien.

COSIJN publia en 1928 une étude détaillée (10) sur le terrain situé au nord de la contrée étudiée par nous. Il a employé la nomenclature suivante pour les sédiments triasiques; cette nomenclature, comme nous le verrons tantôt, demande nécessairement quelques corrections:

Hauptdolomit (Dolomie principale), c. à. d. Norien.	
Couches de Raibl	„ Carnien.
Calcaire d'Esino	„ Ladinien.
Muschelkalk	„ Anisien.
Buntsandstein (Grès bigarré)	„ Seythien.

COSIJN a employé ces termes à la suite de PORRO, TARAMELLI etc. Quant à nous, nous pensons qu'il faut examiner de plus près la valeur de cette nomenclature, et que, étant donné que certaines des dénominations employées par ces auteurs dérivent de la nomenclature du Trias germanique, il faut se demander si c'est à bon droit qu'on peut les adopter pour le Trias lombard.

Le terme *Buntsandstein* s'emploie fréquemment pour désigner le paquet de couches qui repose directement sur le conglomérat permien, le Verrucano. On rencontre ce terme entre autres chez PORRO (1901), alors que dans son ouvrage nous trouvons aussi l'expression: „Servino”, pour désigner cette série de roches.

Cette dernière dénomination est une désignation quelconque et se rencontre seulement dans la bibliographie qui a rapport au Trias alpin.

L'expression *Buntsandstein* était destinée au début au Trias germanique; plus tard elle fut reprise dans la nomenclature du Trias alpin. Mais comme des recherches postérieures ont montré qu'en général il y a grande différence en ce qui concerne le facies et le contenu en fossiles du Trias germanique et alpin, il nous semble opportun de faire disparaître définitivement ce terme de la nomenclature du Trias lombard.

La dénomination *Servino* peut par contre, à notre avis, être adoptée. Mais si l'on emploie des expressions générales comme Anisien etc., pour les autres subdivisions du Trias, il est peut-être recommandable de se servir de l'expression *Seythien*.

La dénomination *Muschelkalk* est également empruntée au Trias germanique et est à rejeter pour les mêmes motifs que le terme *Buntsandstein*. PARONA a eu recours dans son „Trattato di Geologia” de 1924 au terme Anisico (Anisien), terme qui peut très bien être employé ici et le sera continuellement dans cette publication.

KAYSER employait l'expression „Alpiner Muschelkalk”, mais elle a le défaut de n'être ni originale ni d'un usage facile.

Le nom de *Dolomia di Esino* ne peut donner lieu à erreur. Ce nom fut attribué à cette dolomie par suite de sa présence auprès du village d'Esino dans la montagne de Grigna. Il est remarquable que

là-bas les roches sont en général des dolomies, alors que plus à l'est, dans la Valle Brembana, le facies principal est calcaireux. La dénomination originale „dolomie d'Esino” doit donc être changée, ce qui concerne les terrains situés à l'est, en „calcaire d'Esino”. Pour ce motif il est préférable de parler de Ladinien.

PORRO considérait le calcaire d'Esino comme appartenant à l'Anisien. Des recherches postérieures ont révélé que le calcaire d'Esino représente le facies calcaireux du Ladinien.

Les couches de Raibl appartiennent au Carnien selon la division générale. A notre avis, il est préférable d'employer le terme de Carnien; la dénomination „couches de Raibl” ne pourrait cependant pas être source d'erreurs.

Le terme *Hauptdolomit* (dolomie principale) est sujet aux mêmes objections que le nom de dolomie d'Esino; c'est un nom de facies.

Dans le Salzkammergut, on rencontre des bancs de calcaire dans les dépôts dolomitiques du Norien; pour ce motif le nom général de Norien nous semble convenir beaucoup mieux. Dans les Alpes Bergamasques la Dolomie principale se compose exclusivement de dolomies et cependant à notre avis le terme Norien est préférable dans un but d'uniformité.

Enfin voici un aperçu de quelques-unes des anciennes subdivisions du Trias lombard.

	C. PORRO (1901).	G. TARAMELLI (1903)
Norico.	Dolomia ad Avicula exilis.	Dolomia principale.
Carnico.	Scisti marnosi. Raibl. Calcare metallifero. Dolomia di Esino.	Marne e scisti del Keuper. Calcare e dolomie del
Muschelkalk.	Scisti di Wengen. Buchenstein. Zona a Rhynch. trinodosi. Zona a Brachiopodi. Zona a Dadoerinus gracilis.	Keuper inferiore e del Muschelkalk.
Buntsandstein.	Servino ó Trias inferiore.	
	C. F. PARONA (1924).	J. COSLIN (1928)
Norico.	Dolomia principale.	Hauptdolomit.
Carnico.	Strati di Acquate, Gorno e Dossena con giacimenti di gesso.	Couches de Raibl.
Ladinico.	dolomia metallifero calcare e faune di Esino e Grigna. Lumachella di Ghegna.	Calcaire d'Esino.
Anisico.	Muschelkalk.	Muschelkalk.

II. STRATIGRAPHIE, PALÉONTOLOGIE ET PÉTROGRAPHIE.

1. L'ANISIEN.

L'Anisien affleure, le long du bras Est dans la partie septentrionale du terrain que nous avons exploré. Ces affleurements se trouvent sur la pente nord très escarpée du Monte Ortighera et du Monte Menna.

Le sentier, qui conduit du pont de Cantone au Passo dell'Ortighera, coupe pour ainsi dire toute la section stratigraphique de l'Anisien.

Toutefois, les grandes quantités d'éboulis alluviaux du Ladinien en ont recouvert la plus grande partie.

Ces affleurements sont la continuation directe de l'Anisien que COSIJN (10) a étudié dans le terrain situé au nord. Cette série de calcaires et de marnes a une direction N.O.—S.E. et une inclinaison d'environ 25° à 30° vers le S.E. l'Anisien de notre terrain est donc situé dans le flanc ouest d'un grand pli anticlinal qui atteint son point culminant plus à l'est.

Stratigraphie détaillée.

Nous aurions du trouver dans la pente nord du Monte Ortighera la section stratigraphique de l'Anisien, puisque le Servino affleure dans le fond de la vallée du Brembo. Malheureusement, par suite de la végétation et les grandes quantités d'éboulis alluviaux provenant du calcaire d'Esino, il nous a été absolument impossible de pouvoir en prendre une section détaillée. Cependant, dans les cônes d'éboulis au pied du Monte Ortighera, nous avons trouvé les roches anisiennes caractéristiques, que COSIJN a décrites.

Paléontologie.

Dans les cônes d'éboulis nous avons trouvé de nombreux fossiles, en majorité des ammonites, c. à. d. :

- Céphalopodes : *Balatonites* spec.
Ceratites binodosus v. MOJS.
Ceratites trinodosus HAU.
Ptychites evolvens v. MOJS.
Ptychites flexuosus v. MOJS.
- Gastéropodes : *Natica cf. costata* MÜNST.
- Lamellibranches : *Cuspidaria cf. semiradiata* STOP.
Myoconcha brünneri HAU.
Mysidioplera vixcostata STOP.
- Brachiopodes : *Spiriferina koeveskalliensis* BOECKH.
Rhynchonella spec.

A une exception près, COSIUN a découvert lui aussi tous ces fossiles le long de la route de Lenna à Valnegrà. D'où nous pouvons conclure que l'Anisien du terrain étudié appartient lui aussi au faciès sud.

Nous avons en outre trouvé dans la roche fixe du Val Asino auprès de Bordogna :

Avicula exilis STOP.

Mysidioptera ornata SAL.

Mysidioptera vizcostata STOP.

A cause de la végétation nous n'avons pu déterminer le niveau stratigraphique de ces fossiles.

2. LE LADINIEN (calcaire d'Esino).

On entend par calcaire d'Esino le complexe de roches dont la position stratigraphique est délimitée d'un côté par l'Anisien et de l'autre côté par le Carnien. Le Ladinien affleure à beaucoup d'endroits dans la partie septentrionale du terrain étudié. La roche en se désagrégant, a fourni un sol peu favorable à la végétation, et nous avons pu facilement faire le relevé de cette partie; nous ne pourrions pas en dire autant du Carnien.

A l'ouest du Brembo, les roches sédimentaires n'ayant pas été influencées par des dislocations tectoniques, les couches ladiniennes reposent régulièrement sur l'Anisien et ont donc également la direction N.O.—S.E. A l'est du Brembo il y a un groupement de failles importantes; les couches indiquent des variations sensibles de direction et d'inclinaison. (v. Géologie tectonique).

La vallée profondément découpée du Brembo convient très bien pour étudier la succession des couches ladiniennes. Nous rencontrons un profil stratigraphique assez complet, quand, en venant de Ponte Secco, entre Scalvino et Camerata Cornello, nous suivons le sentier qui conduit à Cespedosio. Nous nous ferons une excellente idée du caractère lithologique des 500 mètres inférieurs du calcaire d'Esino en suivant le sentier qui, à environ 250 m. au sud de Scalvino, conduit vers la crête de la Costa Pagliari.

Stratigraphie détaillée.

Les calcaires ladiniens inférieurs reposent directement sur l'Anisien qui, dans le développement de marnes et calcaires, indique des changements de faciès. Le Ladinien, d'après COSIUN (10), commence par une zone de transition se distinguant de l'Anisien par sa couleur gris-clair et sa cristallinité plus grossière. Nous avons seulement trouvé semblable roche dans les cônes d'éboulis du Mte. Ortighera.

Selon COSIUN, nous trouvons, après cette zone de transition, la roche le plus commune du Ladinien, c. à d. le calcaire gris-clair, riche en mollusques fossiles. Cette roche se présente en bancs de 0,3 m. à 3 m. d'épaisseur, et est pour ainsi dire complètement composée de calcaire grenu. Les bancs de dolomie qui forment dans la montagne de Grigna la partie intégrante des dépôts sédimentaires du Ladinien se rencontrent

par ci, par là, dans la Valle Brembana où ils sont d'épaisseur infime. L'épaisseur totale de cette série de calcaires et de dolomies est d'environ 900 mètres.

La sédimentation de cette série de calcaires et de dolomies, qui ne porte pas d'indices de changements de facies importants, doit être considérée comme ayant eu lieu pendant que le fond de la mer s'affaissait peu à peu. Après cette période de sédimentation il y eut une régression dont le résultat fut la formation d'une brèche contemporaine de l'époque même de sédimentation. Cette roche de structure bréchoïde affleure p. ex. le long du sentier qui conduit de Ponte Secco à la carrière de marbre de la Valle Secca. Cette roche, qui nous frappe par son ciment, jauni par l'action atmosphérique, a une épaisseur d'environ 30 mètres.

Après cette roche remarquable, nous avons une série de calcaires gris, d'une structure radiaire particulière. (v. description pétrographique, page 38).

Ensuite nous avons dans le profil stratigraphique un calcaire rouge qui convient très bien pour la décoration par la finesse de son grain. Ce calcaire (marbre)¹⁾ rouge, le „calcare rosso" d'après PORRO est extrait dans la Valle Secca. La carrière du Val Parina est abandonnée depuis quelques années. Nous croyons que l'on peut expliquer sa coloration par la présence d'une solution d'oxyde de fer provenant de quelques minces couches de marne situées entre les bancs de calcaire. Il est à remarquer que la couleur du calcaire est la plus intense immédiatement sous, et au-dessus des couches marneuses.

Après ce soi-disant marbre vient d'abord un banc de calcaire, riche en veines de calcite et d'une épaisseur de 10 mètres, puis du calcaire métallifère, le „calcare metallifero" (PORRO).

Ces calcaires, qui, grâce à leurs minerais de zinc, ont une grande importance économique, se distinguent macroscopiquement du calcaire ladinien inférieur par leur couleur foncée et une meilleure stratification; à l'analyse microscopique, par une grande finesse de grain et une assez grande teneur en quartz.

L'épaisseur totale de ces dépôts sédimentaires est d'environ 50 à 60 m., dont les 45 à 50 m. inférieurs se composent de bancs de calcaire foncé. Les couches supérieures du calcaire métallifère se distinguent par la présence de minces bancs de lydienne²⁾ alternant avec des couches d'un schiste argileux, riche en quartz et en kaolin.

Nous devons en outre faire remarquer comme étant une particularité de cette série de roches sédimentaires que, dans certaines cavités dans la lydienne nous trouvons de la fluorine. Nous supposons, nous basant sur les fossiles que l'on rencontre dans la lydienne, que nous nous trouvons en face de bancs de calcaire silicifié et qu'il doit y avoir un rapport génétique entre la silicification et la présence de fluorine. Nous discuterons plus amplement cette question dans notre chapitre sur les minéraux utiles.

Nous avons relevé un profil détaillé des couches mentionnées ci-dessus

¹⁾ Le nom de marbre n'est pas seulement donné aux marbres statuaire de grain uniforme, mais aussi à toutes roches calcaires susceptibles de prendre un beau poli.

²⁾ „Hornstein".

dans la mine de fluorine Nember, auprès de Capo Paglio. Les couches s'y succèdent dans l'ordre suivant (v. fig. 2).

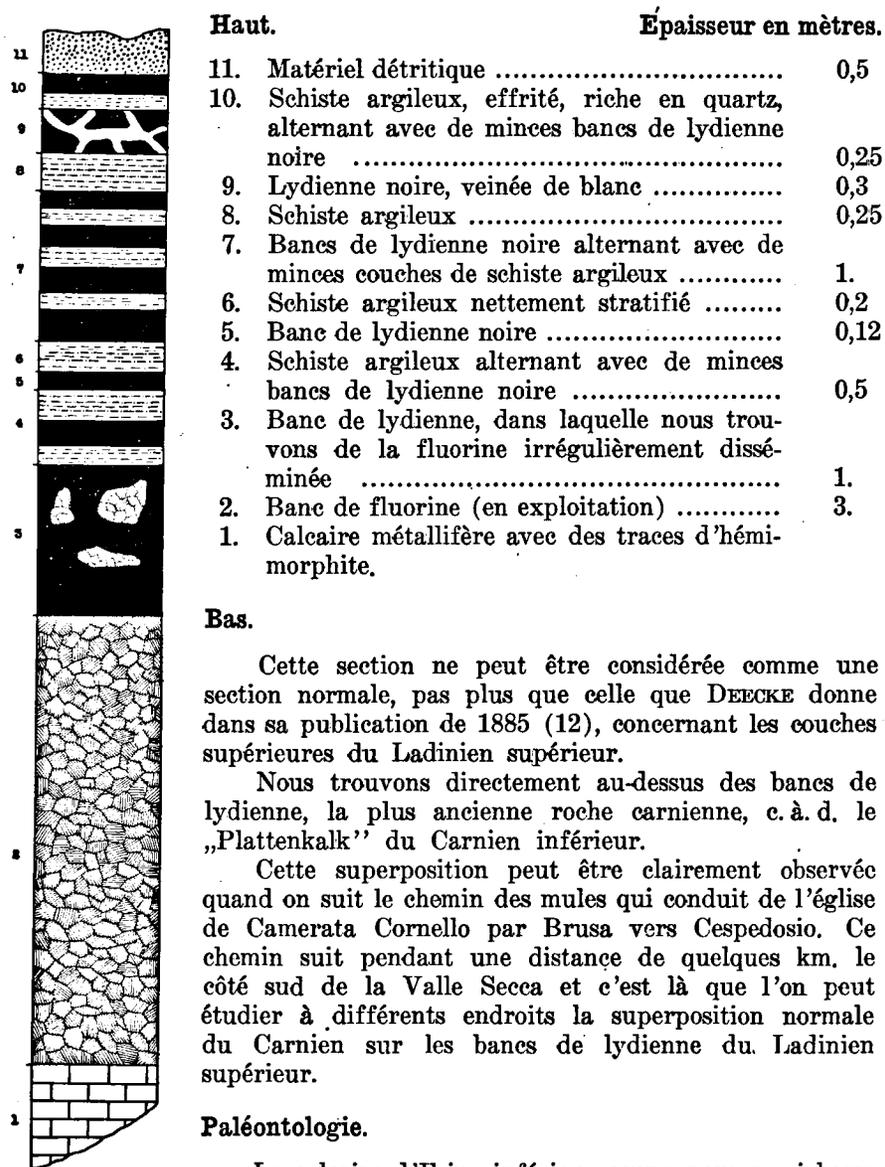


Fig. 2.

San Martino d'Calvi Sud et Camerata Cornello à l'endroit devenu classique pour ses fossiles, nous avons réuni les suivants:

convaincus, que les Siphonées verticillées peuvent contribuer à la formation de roches sédimentaires, mais nous ne pensons pas que les diplopores aient formé toute la série de calcaires d'Esino. Nous estimons, au contraire, beaucoup plus admissible l'hypothèse, selon laquelle le calcaire ladinien serait d'origine biogénétique et anorganique.

E. VON MOJSISOVICS, qui avait cru voir dans les massifs calcaires d'Esino des récifs coralliens, se trompe à notre avis. Nous avons, il est vrai, trouvé quelques fragments de coraux indéterminables auprès de Scalvino, mais ils nous semblent ne pas s'y trouver en quantité considérable, du moins dans la Valle Brembana. Dès lors, il est impossible d'admettre, puisque les diplopores ont été très bien conservés dans le calcaire, que les coraux, s'ils s'y étaient trouvés, aient été détruits complètement par les procès lithogénétiques. Nous devons plutôt admettre que ces organismes n'ont pas joué un rôle bien important dans la formation du calcaire ladinien.

Nous n'avons pu prouver de façon sûre la présence de restes de spongiaires. En dissolvant plusieurs échantillons de calcaire dans de l'acide chlorhydrique nous avons bien trouvé dans le résidu bitumineux des grains de quartz, mais nous n'avons point trouvé les spicules caractéristiques des silicispongiés.

Dans le Val Parina, nous avons réuni quelques restes problématiques, que le professeur MARIANI examinera. Les résultats de ses recherches ne nous sont point connus au moment de mettre sous presse.

Nous avons trouvé à de nombreux endroits de grandes quantités d'Evinosponges. On les rencontre dans la roche fixe sur la rive ouest du Brembo, à peu près là où le Parina s'y jette.

STOPPANI croyait voir dans ces concrétions des formations organiques, et a décrit différentes espèces d'Evinosponges; quant à nous, nous partageons absolument l'opinion de PHILIPPI, confirmée plus tard par COSLIN, d'après laquelle les Evinosponges seraient d'origine anorganique (pour la description v. 10).

Enfin il nous faut encore décrire les fossiles que nous avons trouvés dans les bancs de lydienne, les couches tout à fait supérieures du calcaire métallifère. Dans ces couches qui affleurent environ 30 m. plus haut que l'église de Bosco San Rocco, nous avons trouvé des coupes quasi axiales de gastéropodes, ainsi qu'un exemplaire incomplet d'escargot, appartenant peut-être au genre Chemnitzia. L'examen de ces fossiles nous a permis de constater que les coquilles étaient remplies de quartz blanc, secondaire. (v. Pl. 8, fig. 2). D'où notre hypothèse que la roche primitive était un calcaire foncé, lequel se silicifia plus tard sous l'action de solutions ascendantes, contenant du SiO_2 .

Enfin pour terminer nous donnerons la liste des fossiles du Ladinien, du terrain étudié, fossiles conservés au „Museo Civico di Storia Naturale”, à Bergame. Cette liste qui peut être considérée comme étant assez complète, a été publiée avec l'autorisation du professeur CAFFI.

Les fossiles marqués (L), proviennent du Val dei Lacci, près de Lenna; les fossiles marqués (S), proviennent des cônes d'éboulis de Scalvino.

- Lamellibranches: *Pecten discites* Schloth. (L).
 „ *flagellum* Stop. (S).
 „ *inornatus* Stop. (L).
Mysidioptera cainalloi Stop. (L).
 „ *vixcostata* Stop. (L).
Myophoria tommasii Mar. (S).
Gonodon cingulatum Stop. (L, S).
 „ *esinensis* Stop. (S).
- Gastéropodes: *Patella crateriformis* Kittl. (S).
Wortheniopsis margaretae Kittl. (S).
Delphinulopsis binodosa Münst. (L).
Dicosmus nautiliformis Stop. (L).
Fedaiella (Natica) monstrum Stop. (L, S).
 „ *fastosa* Stop. (L).
 „ *polimita* Stop. (L).
 „ *prolixa* Stop. (L, S).
Marmolatella stomatia Stop. (L, S).
 „ *complanata* Stop. (L, S).
Hologyra fastigiata Stop. (L, S).
 „ *piovernae* Stop. (L).
 „ *cainalloi* Stop. (L).
Neritaria neritina Münstr. (L).
 „ *comensis* Hoern. (L, S).
 „ *otomorpha* Kittl. (S).
 „ *subincisa* Kittl. (S).
Naticopsis paludata Stop. (L).
 „ *lugubris* Stop. (L).
 „ *punctuata* Stop. (L).
Cryptonerita elliptica Kittl. (S).
Trachynerita nodifera Kittl. (S).
 „ *depressa* Hoern. (L, S).
 „ *quadrata* Stop. (L).
Nerita callosa Stop. (L).
Scalaria triadica Kittl. (S).
Trypanostylus geographicus Stop. (S).
Eustylus militaris Kittl. (S).
Omphaloptychia princeps Stop. (L, S).
 „ *cf. alsatorum* Kittl. (S).
 „ *aldrovandii* Stop. (L, S).
 „ *irritata* Kittl. (S).
 „ *aequalis* Stop. (L).
 „ *retracta* Kittl. (S).
 „ *subextensa* Kittl. (S).
 „ *bacchus* Kittl. (S).
 „ *humilis* Stop. (S).
 „ *haueriana* Stop. (L).
 „ *helii* Stop. (L).
 „ *breislakii* Stop. (L).
 „ *maironii* Stop. (L).

- Omphaloptychia lietor* Stop. (L).
 " *umbilicata* Stop. (L).
 " *escheri* Hoern. (L, S).
 " *circumsulcata* Stop. (L).
 " *obliqua* Stop. (L).
Coelostylina conica Münt. (S).
 " *fusiformis* Stop. (L).
Toxoconcha brocchii Stop. (L, S).
Toxonema ginanni Stop. (L).
 " *involuta* (Stop. (L).
 " *turris* Stop. (L, S).
 " *contorta* Stop. (L).
 " *leprosa* Stop. (L).
 " *antizonata* Stop. (L).
 " *graduata* Hoern. (L).
Macrochilina turrita Kittl. (S).
Phasianella olivi Stop. (L).
Céphalopodes: *Proarcestes spec.* (S).
 Ammonites globosa Stop. (S).

Pétrographie.

A. Calcaire compact des couches au-dessus de la zone de transition de l'Anisien au Ladinien.

L'analyse microscopique révèle que la roche se compose de calcite finement cristallin. Elle contient relativement peu de grains de quartz, autour desquels nous avons du calcite en cristaux plus grands. Sur la cassure fraîche, le calcaire est gris clair. En cas d'altération par l'atmosphère la couleur est gris mat.

B. Le calcaire qui suit directement le calcaire bréchique. A l'analyse microscopique on constate que la roche se compose de cristaux de calcite, rangés subparallèlement. A certains endroits il s'est formé dans cette masse de calcite des agrégats radiés, qui sont également en calcite. Les cristaux qui composent ces corps coniques sont mieux développés dans la direction radiaire. Les rayons de calcite semblent diverger de centres différents, comparables avec les sommets des cônes. (v. Pl. 7, fig. 1).

Comment peut-on expliquer cette structure chez un tel calcaire?

Nous savons que des agrégats coniques de calcite, ressemblant assez bien à ceux-ci se trouvent dans la *Tutenmergel* et le *Nagelkalk*; on a beaucoup écrit à leur sujet. Il y a quelque temps LUNCK (27) publia un article dans lequel il explique leur origine de façon assez acceptable. Il croit que ces formations de calcite à structure radiaire devraient leur existence à la cristallisation d'un gel de CaCO_3 , qui serait resté constant sous l'influence de colloïdes protecteurs. LUNCK considère comme colloïdes protecteurs des substances argileuses, et a pensé qu'à différents endroits dans la masse colloïdale il y avait des centres de cristallisation, dans lesquels a eu lieu la formations des rayons de calcite.

C'est probablement de cette façon que se sont formés des agrégats

coniques radiés de calcite, dans le calcaire d'Esino. Contrairement à ce qui s'est passé pour la Tutenmergel, la quantité de colloïdes protecteurs ayant servi à la formation des agrégats de calcite en question, a été tellement minime que les différentes surfaces coniques n'ont pu être séparées par une couche entière d'argile ou autrement.

L'analyse chimique de cette roche (faite par Mr. J. W. BOEHMER, candidat en chimie à Leyde, qui voudra bien trouver ici nos remerciements) a donné les résultats suivants :

CO ₂	44,13	%
H ₂ O	0,08	%
Al ₂ O ₃ —Fe ₂ O ₃ (en solution)	0,109	%
Ca	38,52	%
Mg	0,964	%
SiO ₂	0,045	%
Kaolin soluble, après chauffage au rouge...	0,0296	%
Perte de poids occasionnée par chauffage au rouge (710°)	0,000	%

La perte de poids, occasionnée par chauffage au rouge, étant nulle, nous pouvons en conclure que la roche ne contient pas de substances organiques.

C. Schiste argileux des couches supérieures du calcaire métallifère.

Cette roche est d'un grain tellement fin qu'il n'est pas possible, même en grossissant très fort, d'en distinguer les principaux composants. Le seul minéral que nous avons pu déterminer avec précision est du quartz, en grains très fins.

3. LE CARNIEN.

Les couches de Raibl, qui doivent leur nom à leur présence aux environs du village de Raibl (Tyrol) sont bien représentées dans le terrain que nous avons exploré. A part quelques endroits isolés sur le Mte. Ortighera, près de Capo Paglio et à Vaccareggio où le Carnien se trouve dans des zones intensivement disloquées, il forme vers le sud un tout qui n'a point été soumis aux dislocations importantes.

Le Carnien est très intéressant tant du point de vue pétrographique que paléontologique. On trouve dans le Carnien des calcaires compacts et des tufs volcaniques, des grès et des marnes qui contiennent parfois une faune très riche. Grâce à leurs couleurs vives on peut distinguer ces couches du Norien et du Ladinien.

Dans la partie septentrionale du terrain, le Carnien est en pleine concordance de superposition avec le calcaire métallifère du Ladinien. Dans la partie méridionale on peut voir dans la coupe naturelle que le Brembo a coupée dans les couches de Raibl, quatre plis dont la ligne directrice va à peu près de l'est à l'ouest. Le pli le plus au sud, le pli anticlinal de San Gallo est le plus important.

A une échelle réduite, nous trouvons dans ces plis des charriages et également des plis transversaux asymétriques, sur lesquels nous reviendrons dans le chapitre traitant de la géologie tectonique.

Nous pouvons diviser le Carnien comme suit, d'après ses caractères lithologiques et paléontologiques :

Haut.

- 3δ. Calcaires caverneux, couches de marne et des amas de gypse.
- 3γ. Calcaires et marnes fossilifères.
- 3β. Marnes, tufs volcaniques et grès.
- 3α. Plattenkalk du Carnien.

3α. Le Plattenkalk carnien.

Nous trouvons cette roche dans toute la Lombardie, là où le Carnien existe. Quoique nous n'y trouvions point de fossiles, comme DEECKE et COSJN l'ont observé, et comme nous l'avons vérifié, cette roche par son facies invariable est un des meilleurs horizons caractéristiques que l'on connaisse en Lombardie.

Le Plattenkalk carnien, dont l'épaisseur moyenne est de 10 à 15 m. affleure le long du sentier qui suit la Valle Secca au sud. Le long de ce sentier on aperçoit que le Carnien repose immédiatement sur les schistes argileux du Ladinien supérieur. On peut également observer cette transition le long du sentier sur la rive gauche du Brembo et qui va du pont près de la Centrale hydro-électrique de Camerata Cornello au Ponte delle Capre.

Pétrographie.

Cette roche est sensiblement de même couleur que le calcaire métallifère que l'on rencontre p. ex. près de Capo Paglio. On peut cependant nettement distinguer à l'œil nu la différence existant entre ces deux espèces de calcaires parce que le plan de stratification du premier est ondulé et que la couleur de la roche décomposée est jaune brun. Le calcaire métallifère, lui, quand on l'examine au microscope, apparaît comme plus riche en quartz et de structure plus grossière.

3β. Marnes vivement colorées, tufs volcaniques et grès.

Fait suite au Plattenkalk carnien décrit plus haut, une série de marnes, de grès et de tufs volcaniques, alternant avec de minces bancs de calcaire. Ces roches sont en général rouges et vertes et appartiennent par conséquent aux roches sédimentaires triasiques que l'on peut le plus facilement reconnaître. Les seules roches avec lesquelles on pourrait les confondre sont les marnes du Servino.

Lorsque l'on suit la route provinciale depuis Camerata Cornello jusqu'à San Giovanni Bianco, on peut se faire une excellente idée de la succession des roches. Comme, abstraction faite de quelques faibles plis, les couches s'inclinent vers le S.O., on traverse le long de ce chemin toute la section stratigraphique du Carnien inférieur, section qui est simplifiée comme suit :

Haut.	Épaisseur en mètres.
9. Calcaire marneux, oolithique de couleur bleue, alternant avec de minces couches de marne grise	12.
8. Mincees bancs de grès, nettement stratifié, alternant avec de minces couches de marne grise ...	5.
7. Calcaire compact gris foncé en bancs de 1 à 3 dm.	11.
6. Marnes gris vert et rouge brun avec inclusions concrétionnaires, dont les dimensions varient de 0,5 à 5 cm.	160.
5. Tuf volcanique gris vert	8.
4. Calcaire nettement stratifié, bleu gris.....	5.
3. Tuf volcanique vert	2,5
2. Marne grise, riche en calcite, nettement stratifiée, coupée de quelques bancs plus épais, jusqu'à 1 mètre d'épaisseur	10.
1. Plattenkalk carnien	12.

Bas.

Cette série de dépôts sédimentaires peut être considérée comme donnant le meilleur profil stratigraphique du Carnien inférieur dans la vallée du Brembo. En effet cette série de roches devient de moins en moins complète plus on avance vers le nord : quelques-unes des couches s'amincissent. C'est ainsi que l'épaisseur des couches du Carnien inférieur sur le Prato del Monte au nord de Cespedosio n'atteint pas 50 m. Selon DEECKE, on doit expliquer ces différences d'épaisseur par des accidents du fond de la mer, sur lequel les sédiments se sont déposés.

La présence la plus intéressante dans ce profil stratigraphique est celle de tufs volcaniques. On doit bien admettre que ceux-ci sont d'origine subaquatique, puisque nous les trouvons d'une façon normale entre des dépôts sédimentaires marins.

Dans le Val Trompia et dans le Val Sabbia (hors du terrain étudié) on a découvert des tufs volcaniques et des filons de porphyrite et il est probable que ces tufs sont en rapport génétique avec cette porphyrite augitique. L'âge de cette roche éruptive est probablement celui du Carnien supérieur.

Nous pouvons donc admettre que les tufs volcaniques de la Valle Brembana proviennent également d'une porphyrite. Comme, dans le terrain étudié, les tufs se rencontrent dans les couches inférieures du Carnien, les éruptions qui formèrent ces tufs volcaniques doivent avoir eu lieu plus tôt que dans le Val Trompia et le Val Sabbia. (Nous traiterons dans le chapitre sur les minéraux utiles la connection possible entre cette roche éruptive et la genèse du minerai dans le Ladinien supérieur.)

Malgré de nombreuses recherches, on n'a pas encore pu, jusque maintenant, trouver de roches éruptives mésozoïques dans la Valle Brembana. (Le professeur CAFFI à Bergame nous a dit en 1930 dans une conversation que lors du percement du tunnel du chemin de fer de

Bergame à San Martino d'Calvi Nord on avait découvert un filon de porphyrite; mais comme la maçonnerie intérieure du tunnel avait du se faire rapidement et qu'on avait omis de prendre des échantillons, il n'a pas été possible d'affirmer que la roche en question fût réellement de la porphyrite).

Paléontologie.

Les restes d'organismes sont très rares dans la série de roches dont nous parlons. En examinant une coupe mince du calcaire de la couche 7 du profil décrit ci-dessus nous y avons découvert une structure qui nous fait penser à des Siphonées. Mais comme nous n'y avons point trouvé de pores nous ne pouvons affirmer qu'il s'agisse vraiment d'algues incrustantes.

Dans la couche 9 nous avons découvert des restes indéterminables de lamellibranches.

Pétrographie.

Nous ne décrirons sous ce titre, par suite de la grande diversité des roches, que celles qui sont les plus typiques et les plus communes.

A. Tuf volcanique de la couche 3.

Cette roche verte se compose de grains minéraux assez grossiers (grandeur moyenne du grain de 0,1 à 0,35 mm.). A l'analyse microscopique elle semble être constituée de grains de quartz, de fragments de feldspath séricitisé, ainsi que de petites quantités de muscovite, de pyrite et de titanomagnétite. Dans la coupe mince nous n'avons pu déceler de façon certaine de vrais composants tuffogènes.

La roche elle-même pourrait très bien être considérée comme un grès feldspathique. Mais en nous basant sur une comparaison avec des tufs originaires du terrain étudié par COSLIN, nous croyons pouvoir affirmer, que la roche en question est aussi un tuf volcanique, mais plus décoloré par le temps.

B. Marne verte de la couche 6.

Toutes les marnes du Carnien inférieur sont de structure très fine, pélitique. Leur composant principal est le quartz que nous rencontrons dans la roche en grains très fins.

Il est impossible de déterminer la nature de la pâte primitive qui s'est en grande partie altérée en séricite. En outre nous trouvons de la magnétite finement dispersée dans la roche.

On aperçoit à l'œil nu des inclusions ovales de calcite dans l'échantillon. Dans des cavités de la roche nous rencontrons parfois de petits agrégats cristallins de couleur vert jaune (chlorite, calcite, épidote).

C. Calcaire oolithique gris foncé de la couche 7. (Pl. 7, fig. 3),

La roche se compose presque entièrement de calcite au grain fin, dans lequel se trouvent quelques grains de quartz et des fragments

d'orthose. Dans la coupe mince nous rencontrons de petites quantités de magnétite, de pyrite et de limonite secondaire.

Ce qui frappe le plus c'est la présence de corps sphériques, ooides à la structure concentrique. Les diamètres de ces ooides varient entre 0,3 et 0,8 mm. Quelques-unes des sections dans la lame mince ressemblent à des coupes transversales de Siphonées. Mais comme nous n'avons point trouvé de coupes axiales d'algues dans les échantillons que nous avons examinés, nous pouvons donc supposer que nous avons ici de vrais ooides.

Nous avons très bien pu observer que la forme extérieure des ooides dépend de la forme du noyau. Comme noyau il y a en général un grain de quartz ou un fragment d'orthose, ou bien un cristal de magnétite. Il est à remarquer également que les écailles sont parfois composées de petits spécimens de magnétite.

D. Grès feldspathique de la couche 8.

La roche est bien stratifiée et est vert-gris. A l'analyse microscopique elle semble se composer de grains de quartz anguleux et de petites quantités de plagioclase, d'amphibole et de biotite. La pâte et le feldspath sont en grande partie altérés en séricite.

Nous avons observé en outre de la magnétite finement dispersée et quelques dodécaèdres pentagonaux de pyrite.

E. Calcaire marneux, bleu de la couche 9.

Dans cette coupe mince il y a une coupe transversale d'un lamellibranche. La couche externe prismatique et la couche interne lamelleuse sont très intéressantes à observer.

Outre ces restes organiques, nous avons également des concrétions oolithiques dont le diamètre varie entre 0,1 et 0,3 mm.

3γ. Calcaires et marnes fossilifères.

Les sédiments fossilifères du Carnien, dans leur facies littoral caractéristique, tels que nous avons appris à les connaître aux environs de Dossena et de San Gallo sont déjà renommés depuis longtemps pour leur faune riche.

LEOPOLD VON BUCH (7) a décrit en 1845 le lamellibranche *Myophoria whateleyae* du gîte d'origine situé le long du chemin de Dossena à Serina; en 1880 E. VON MOJSISOVICS décrivit le *Nautilus brembanus*, trouvé dans la marne calcareuse le long du chemin de Dossena—la Trinita—San Gallo; STOPPANI a décrit ultérieurement quelques espèces de *Gervillia* des environs de San Gallo.

Ces sédiments fossilifères affleurent surtout dans la partie méridionale du terrain. Dans cette partie et notamment aux environs de Madonna della Costa, San Gallo et la Trinita, les horizons supérieurs ont été mis à découvert par suite d'érosion. Les niveaux inférieurs et leur position stratigraphique sur les marnes et grès du Carnien inférieur, peuvent être

étudiés avec le plus de profit le long de la route provinciale Camerata Cornello—San Giovanni Bianco.

Grâce au grand nombre de fossiles que nous avons pu réunir il nous a été possible de compléter la division en horizons, proposée déjà par HAUER et donnée par DEECKE (12). Il nous a semblé que la division de DEECKE était déjà fort exacte. Nous avons retrouvé aux endroits indiqués dans son article de 1885 la majorité des nombreux fossiles cités par lui.

Nous discuterons la valeur stratigraphique de quelques-unes de nos trouvailles importantes lors de l'étude des différents horizons.

Nous avons déterminé la majorité des fossiles au moyen du „Studio monografico della fauna Raibliana di Lombarde” de PARONA. En cas de besoin nous avons consulté les descriptions originales.

Dans les couches du Carnien fossilifère nous avons réuni les fossiles suivants :

Lamellibranches :	<i>Cercomya longirostris</i>	Stop.
	<i>Gervillia cf. constricta</i>	„
	„ <i>meriani</i>	„
	„ <i>musculosa</i>	„
	„ <i>pallium</i>	„
	„ <i>sancti-galli</i>	„
	<i>Hinnites sismondæ</i>	„
	<i>Hoernesia joannis-austriæ</i>	Klipst.
	<i>Macrodon subalpinum</i> ?	Parona.
	„ <i>taramellii</i> ?	Parona.
	<i>Myoconcha curionii</i>	Hau.
	„ <i>lombardica</i>	Hau.
	<i>Myophoria elongata</i>	„
	„ <i>kefersteini</i>	Müst.
	„ <i>whateleyæ</i>	v. Buch.
	<i>Mytilus</i>	spec.
	<i>Nucula strigilata</i> ?	Münst.
	<i>Pachycardia haueri</i>	v. Mojs.
	<i>Pecten filusus</i>	Hau.
	<i>Pleuromya lata</i>	Parona.
	<i>Sphaeriola mellingi</i>	Hau.
	<i>Trigonodus serianus</i> ?	Parona.
Gastéropodes :	<i>Chemnitzia simplex</i> ?	Parona.
	„ <i>terebraeformis</i>	Parona.
Céphalopodes :	<i>Nautilus brembanus</i>	v. Mojs.
Brachiopodes :	<i>Lingula gornensis</i>	Parona.
	„ <i>tenuissima</i>	Bronn.
Plantes :	<i>Equisetites</i>	spec.

Comme nous l'avons brièvement dit tantôt, les marnes et calcaires du Carnien fossilifère font suite aux marnes et grès du Carnien inférieur. On peut très bien observer cette succession quand on suit la grand' route le long du Brembo, de Camerata à San Giovanni Bianco. A environ 150 mètres avant la centrale hydro-électrique du chemin de fer de Bergame

à Piazza Brembana, on rencontre le premier horizon caractéristique du Carnien fossilifère. Dans les calcaires foncés de cet horizon nous avons trouvé des moules internes de :

HORIZON I. *Macrodon subalpinum* ? PARONA.
 „ *taramellii* ? PARONA.

Nous n'avons pu déterminer de façon certaine les spécimens de *Macrodon*; ils étaient trop mal conservés.

En outre nous y avons trouvé des restes de mollusques à coquille équilatérale, des brachiopodes sans doute; mais nous n'avons pu les déterminer de façon complète.

Une série de marnes grises d'une épaisseur d'environ 15 m. repose sur ces calcaires; nous n'y avons point trouvé de fossiles. Ensuite on aperçoit directement après, une série de marnes grises et riche en calcite alternant avec de minces bancs de grès gris vert. L'épaisseur de cette série de roches est d'environ 25 m. Dans les marnes nous avons trouvé :

HORIZON II. *Myoconcha curionii* HAU.
Myophoria whateleyae v. BUCH.
 „ *kefersteini* ? MÜNST.
Mytilus spec.
Pachycardia haueri v. MOJS.
Pecten filusus HAU.
Pleuromya lata PARONA.

Dans les couches intermédiaires de grès il y avait des fragments de tiges d'équisetites. L'absence de feuilles et de gaines nous a empêché de déterminer l'espèce que nous avions sous les yeux.

La découverte de *Myophoria whateleyae* dans cet horizon est pour nous très importante; en effet elle prouve que ce lamellibranche est un des plus anciens fossiles du Carnien dans la Valle Brembana; on n'avait en effet rencontré jusque maintenant la *Myophoria whateleyae* qu'à un seul endroit, c. à. d. le long du chemin de Dossena à Serina. Quand on suit ce chemin dans la direction de Serina on traverse le profil stratigraphique suivant :

Haut.	Épaisseur en mètres.
1. Bancs calcaires compacts, sans fossiles, bleus et veinés de calcite blanc	4.
2. Bancs de grès nettement stratifié	0,5
3. Marnes gris bleu, jaunies par l'action atmosphérique	0,5
4. Banc calcaire compact, foncé	1.
5. Marnes grises, effritées en esquilles	1.
6. Calcaire marneux à <i>Myophoria whateleyae</i>	0,4
7. Marnes grises alternant avec de minces couches de grès gris.....	0,7

8. Banc calcaire foncé sans fossiles	4,5	
9. Marnes bleu gris à <i>Myophoria whateleyae</i>	0,8	
10. Bancs de calcaire bleu foncé sans fossiles	2.	
11. Marnes grises alternant avec de minces couches de grès gris.....	0,4	
12. Calcaire marneux à <i>Myophoria whateleyae</i>	0,3	
13. Bancs de calcaire compact et foncé sans fossiles	20.	
14. Mince couches de marne alternant avec de minces bancs de grès gris	1.	
15. Banc de calcaire bleu foncé au délavé jaune avec des restes de lamellibranches indéterminables ...	1,5	
16. Calcaire foncé, nettement stratifié.....	1,5	
17. Marnes et grès verts		
18. Alternances de marnes rouges, vertes, grises, grès et tufs volcaniques		} Pas connu de façon précise.

Bas.

DEECKE (12), qui a également étudié ce profil, considérait les séries de couches, 17 et 18, comme appartenant au Carnien inférieur. Nous sommes tout à fait d'accord avec lui sur ce point. L'analogie lithologique de ces marnes et grès avec les dépôts sédimentaires du Carnien inférieur de Camerata Cornello est en effet si frappante qu'il n'est point possible de s'y tromper. DEECKE conclut de là que *Myophoria whateleyae*, du moins dans la Valle Brembana a dû être le plus ancien fossile carnien, quoiqu'il ne pût vérifier son dire au moyen d'autres sections stratigraphiques.

Nous savons maintenant, grâce au profil le long du Brembo, que les plus anciens fossiles du Carnien sont :

Macrodon subalpinum ? PARONA.

„ *taramellii* ? PARONA., et que *Myophoria whateleyae* ne se rencontre qu'environ 20 m. plus haut dans le profil stratigraphique.

Si la section donnée est identique à la section le long du Brembo, ce qui nous semble très probable, la couche 15 de la section peut être parallélisée avec l'horizon de *Macrodon*. Du profil le long du chemin de Dossena à Serina nous avons retiré :

Des couches 6, 9, 12 : des spécimens nombreux et en partie bien conservés de *Myophoria whateleyae* v. BUCH. C'est dans ces couches qu'en 1845 Mlle. WHATELEY a trouvé le lamellibranche qu'il a décrit sous le nom de *Myophoria whateleyae*.

De la couche 15 : un lamellibranche qui est en beaucoup de points semblable à *Trigonodus serianus* PARONA.

des couches 3, 5 : *Myoconcha curionii* HAU.

„ *lombardica* HAU.

Hinnites sismondae STOP.

A notre avis *Hinnites sismondae* STOP., était encore inconnu dans

la Valle Brembana. PARONA cite cette espèce de Gorno (Val Seriana) où on le trouve dans les mêmes couches que *Myophoria whateleyae*. Ce fait concorde donc assez bien avec nos observations.

Après ces couches où les *Myoconches* et les *Myophores* dominent numériquement, nous avons une série d'autres où nous trouvons pour la première fois des *Gervillées*. Cette série qui se compose surtout de marnes et de calcaires marneux affleure le mieux le long de la „mulattiera" de San Giovanni Bianco à Madonna della Costa. Au près de Piazze ce chemin suit parallèlement le plan de stratification qui sur certains points est recouvert de spécimens de :

HORIZON III. *Hoernesia joannis-austriacae* KLIPST.
Gervillia musculosa STOP.
Nucula strigilata ? MÜNST.

Nous n'avons pu suivre cet horizon vers l'est et le sud par suite de la végétation luxuriante qui est généralement une caractéristique du Carnien.

HORIZON IV. Faisant suite à cet horizon qui nous frappe seulement par sa pauvreté relative en fossiles, nous avons maintenant un des horizons les plus caractéristiques du Carnien, c. à. d. l'horizon de *Rhizocorallium*.

Celui-ci est séparé de l'horizon III par quelques bancs de marne verte et de grès dont nous n'avons pu mesurer l'épaisseur de façon précise, mais que nous estimons être de 15 à 20 m. Nous appelons l'horizon de *Rhizocorallium* une série de calcaires bleu foncé d'une épaisseur de 10 à 15 m. et dont les plans de stratification sont en général recouverts d'objets remarquables en forme de tiges et qui font penser à du *Rhizocorallium*. Cette roche remarquable peut être très bien observée le long du chemin de San Giovanni Bianco à Madonna della Costa, à environ 30 m. au-dessus du niveau à *Gervillia* de Piazze.

Cet horizon affleure également le long du sentier de Dossena à Serina et le long du sentier de Prato Mengone (commune de San Gallo) vers Molini di Dossena. Le long du sentier que nous venons de citer nous voyons reposer directement sur le calcaire à *Rhizocorallium* une couche de marne d'environ 1,5 m. d'épaisseur dans laquelle nous rencontrons de nombreux spécimens de *Myophoria kefersteini* Münst.

Le long de ce même sentier nous avons ensuite quelques couches de marne verte alternant avec de minces couches de grès qui, outre des restes indéterminables de plantes, contiennent de beaux spécimens de :

HORIZON V. *Lingula gornensis* Stop.
 „ *tenuissima* Bronn.

Cet horizon, caractérisé par la présence de *Lingula*, est superposé à Madonna della Costa, le long du sentier vers la Trinita, par des marnes grises contenant de nombreux exemplaires de *Myoconcha curionii* Hau.

HORIZON VI. Nous avons rencontré cet horizon caractéristique avec ses nombreux spécimens de *Gervillia*, à environ 40 m. plus bas que l'église

de San Gallo, le long du sentier qui va en venant de San Gallo dans la direction S.O. vers la Valle d'Antea. Cet horizon se compose de bancs de calcaire gris au délavé jaune, entrecoupés de minces couches intermédiaires de grès. Les fossiles trouvés dans le calcaire sont en général conservés comme moules internes.

Nous avons rencontré :

Myophoria kefersteini MÜNST.
Cercomya longirostris STOP.
Gervillia meriani „
 „ *pallium* „
Hoernesia joannis-austriae KLIPST.
Sphaeriola mellingi HAU.

La position stratigraphique de cet horizon ne nous est pas bien claire, car nous l'avons seulement rencontré à l'endroit indiqué. DEECKE (12) a, de son côté, décrit une série de roches semblables du sentier Prato Mengone-Molini di Dossena, contenant la même faune. D'après lui ces couches reposent directement sur les marnes à *Myophoria kefersteini* (horizon V). Malheureusement nous n'avons pu retrouver cet endroit par suite de la végétation. Comme DEECKE parallélise cet horizon avec les affleurements susdits situés le long du sentier qui descend dans la Valle d'Antea, nous croyons très probable que la position stratigraphique, telle que nous l'indiquons, est exacte.

HORIZON VII. Le long du chemin de San Gallo à la Trinata, affleurent les plus récents sédiments du Carnien fossilifère. Dans certains de ces affleurements, nous avons réuni de nombreux fossiles et c'est, pensons nous, dans cet horizon, au moins dans la Valle Brembana, que le genre *Gervillia* atteint son summum de développement.

Nous avons trouvé les fossiles suivants dans les calcaires et les marnes de cet horizon :

Gervillia meriani STOP.
 „ *musculosa* „
 „ *pallium* „
 „ *sancti-galli* „
 „ *cf. constricta* „
Hoernesia joannis-austriae KLIPST.
Myoconcha curionii HAU.
Myophoria kefersteini MÜNST.
Sphaeriola mellingi HAU.
Lingula gornensis PARONA.
Chemnitzia simplex „
Nautilus brembanus v. MOJS.

Nous n'avons trouvé le *Nautilus brembanus*, mentionné dans cette liste que dans une seule couche. Les couches à *Gervillia* se trouvent directement sous le banc de calcaire marneux contenant le *Nautilus brembanus*. Les dépôts sédimentaires du Carnien supérieur font immédiatement suite à cet horizon caractéristique, de sorte que nous pouvons supposer que,

du moins dans le terrain exploré, le *Nautilus brembanus* représente le fossile le plus récent du Carnien ¹⁾).

Rappelons ici que DEECKE, en 1885, a également subdivisé le Carnien fossilifère en se basant sur les fossiles qu'il y avait trouvés. Or, les localités qu'il nomme correspondant très souvent aux nôtres, il nous semble utile de donner ici un résumé des fossiles, rencontrés à ces endroits par ce géologue et par nous. Les fossiles marqués ' n'ont pas été trouvés dans les différents horizons par DEECKE, mais par nous en 1929 et 1930; nous marquons " les fossiles cités par DEECKE et non trouvés par nous.

HORIZON VII. *Area dannenbergi* KLIPST. "
Chemnitzia simplex PARONA. '
Gervillia cf. constricta STOP. '
 " *meriani* "
 " *musculosa* "
 " *pallium* "
 " *sancti-galli* " '
Hoernesia joannis-austriae KLIPST (syn. *Gervillia*
bipartita MER).
Lingula gornensis PARONA. '
Myoconcha curionii HAU.
 " *lombardica* HAU. "
Myophoria elongata WISSM. "
 " *kefersteini* MÜNST.
Natica spec. indet. "
Nautilus brembanus v. MOJS. '
Solen spec. "
Sphaeriola mellingi HAU.
Venus spec. "

HORIZON VI. *Cercomya longirostris* STOP. '
Gervillia meriani "
 " *pallium* "
Hoernesia joannis-austriae KLIPST.
Lingula spec. "
Myophoria elongata WISSM. "
 " *kefersteini* MÜNST.
Pachycardia haueri v. MOJS. "
Sphaeriola mellingi HAU.

HORIZON V. *Lingula gornensis* PARONA. '
 " *tenuissima* BRONN. '
Myoconcha curionii HAU.

¹⁾ Par suite de l'abondante végétation, il nous a été impossible de relever de façon précise l'épaisseur des différents horizons. Comme on aura déjà pu en juger par les descriptions des horizons, on ne doit pas donner à ce mot sa signification rigoureuse; il nous a souvent été impossible par suite de la grande analogie de faune de fixer des horizons caractéristiques „stricto sensu". Par contre, le niveau à *Nautilus brembanus* est un horizon caractéristique par excellence.

- HORIZON IV.** Rhizocorallium ?
- HORIZON III.** Gervillia musculosa STOP.
Hoernesia joannis-austriae KLIPST.
Nucula cf. strigilata MÜNST.
- HORIZON II.** Arca dannenbergi KLIPST."
Hinnites sismondae STOP.'
Myoconcha curionii HAU.
" lombardica HAU.'
Myophoria whateleyae v. BUCH.
" kefersteini ? MÜNST.'
Mytilus spec.
Pachycardia haueri v. MOJS.
Pecten filusus HAU.
Pleuromya lata PARONA.'
Solen spec."
- HORIZON I.** Macrodon subalpinum ? PARONA.'
" taramellii ? " ' "

CONCLUSION. La subdivision ci-dessus ne peut être poussée plus avant que si l'on a à sa disposition une grande quantité de fossiles. Comme ce n'est que rarement que nous rencontrons quelques-uns des fossiles cités (p. ex. *Pleuromya lata*, *Cercomya longirostris* etc.) il est très difficile sur ce terrain de s'orienter directement sur le niveau stratigraphique des couches.

On pourrait sur place faire avantageusement usage de la subdivision simplifiée suivante :

- C.** Les couches au-dessus de l'horizon de Rhizocorallium, dont la caractéristique se trouve dans le grand nombre de spécimens de *Gervillia*, *Myophoria kefersteini* et *Lingula*.
- B.** L'horizon de *Rhizocorallium*.
- A.** Les couches au-dessous de l'horizon de Rhizocorallium, dont la caractéristique est *Myophoria whateleyae*.

Cette division est très nette, car pendant la période durant laquelle les calcaires à Rhizocorallium furent sédimentés, des changements importants eurent lieu dans la faune. On peut se rendre compte par ce moyen de façon globale de l'âge relatif des couches dans lesquelles on les rencontre, puisque les fossiles que nous venons de citer s'y trouvent en assez grandes quantités et qu'on peut les déterminer facilement.

Le tableau synoptique ci-dessous donnera enfin un aperçu des fossiles que l'on trouve dans les horizons I à VII. Ce tableau montre en outre clairement la présence d'un même fossile dans plusieurs horizons.

HORIZONS	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Arca dannenbergi</i> Klipst.		+					+
<i>Cercomya longirostris</i> Stop.						+	
<i>Gervillia</i> cf. <i>constricta</i> „							+
„ <i>meriani</i> „						+	+
„ <i>musculosa</i> „			+				+
„ <i>pallium</i> „						+	+
„ <i>sancti-galli</i> „							+
<i>Hinnites sismondæ</i> „		+					
<i>Hoernesia joannis-austriæ</i> Klipst.			+			+	+
<i>Macrodon subalpinum</i> ? Parona.	+						
„ <i>taramellii</i> ? „	+						
<i>Myoconcha curionii</i> Hau.		+			+		+
„ <i>lombardica</i> „		+					+
<i>Myophoria elongata</i> „						+	+
„ <i>kefersteini</i> Münt.		?				+	+
„ <i>whateleyæ</i> v. Buch.		+					
<i>Mytilus</i> spec.		+					
<i>Nucula strigilata</i> Münt.			+				
<i>Pachycardia haueri</i> v. Mojs.		+				+	
<i>Pecten filusus</i> Hau.		+					
<i>Pleuromya lata</i> Parona.		+					
<i>Solen</i> spec.		+					+
<i>Sphaeriola mellingi</i> Hau.						+	+
<i>Trigonodus serianus</i> ? Parona.		+					
<i>Chemnitzia simplex</i> „							+
<i>Natica</i> spec.							+
<i>Nautilus bremanus</i> v. Mojs.							+
<i>Lingula gornensis</i> Parona.					+		+
„ <i>tenuissima</i> Bronn.					+		
<i>Rhizocorallium</i> ?				+			

38. Calcaires caverneux, marnes et grès du Carnien supérieur.

Nous observons ensuite, sur les couches supérieures du Carnien fossilifère, une série de roches du Carnien supérieur, série qui atteint une épaisseur de 120 à 150 m. Nous n'y rencontrons point de fossiles déterminables. Les seules restes organiques dans ces roches sont des empreintes mal conservées de tiges de plantes, que nous trouvons dans de minces bancs de grès.

Le Val Taleggio (Val Enna) est un endroit magnifique pour y prendre un profil stratigraphique. Ce torrent qui se jette dans le Brembo près de San Giovanni Bianco coule de l'ouest à l'est. Et, ainsi que nous l'avons déjà dit brièvement, comme les couches s'inclinent d'une manière générale vers le S.O., l'Enna y a coupé un profil assez régulier.

A l'ouest, les couches les plus récentes, à l'est les couches les plus anciennes ont été mises à découvert par l'érosion de la rivière. Lors de la construction de la route carrossable de San Giovanni Bianco à Vedeseta, il a été plusieurs fois nécessaire de faire sauter de grandes masses rocheuses, ce qui a eu pour résultat de créer de magnifiques affleurements.

En suivant ce chemin de San Giovanni Bianco jusqu'à Cantiglio, on traverse le profil suivant :

Haut.	Épaisseur en mètres.
10. Sable brun et fragments de marne verte	8.
9. Calcaire celluleux, devenant jaune brun sous l'action atmosphérique	30.
8. Calcaire gris et compact	2.
7. Marnes vertes et brunes, interstratifiées par de minces couches de grès	35.
6. Calcaire riche en quartz, avec détritits de marne verte	3.
5. Tuf volcanique gris vert	30.
4. Calcaire oolithique gris, finement stratifié ...	1,5
3. Calcaire siliceux et caverneux	1.
2. Calcaire gris, bien stratifié	2.
1. Marnes vertes, riches en pyrite avec des couches intermédiaires de concrétions de calcaire, se brunissant sous l'action atmosphérique	25.

Bas.

La couche 1 de ce profil stratigraphique affleure à environ 100 mètres plus loin que le cimetière de San Giovanni Bianco. L'érosion y a actuellement mis à découvert un plan de stratification, se composant de grandes concrétions calcaires de 5 à 150 cm. de diamètre.

La couleur de ces concrétions est vert-gris, tandis que par l'oxydation de la pyrite que nous y rencontrons et qui en général s'est formée à la périphérie, l'extérieur est coloré en rouge-brun. Ces concrétions ont une structure concentrique, observable sur des coupes.

D'autre part, l'existence d'amas de gypse est une caractéristique des couches supérieures du Carnien supérieur; ces amas de gypse ont été mis à découvert près de Pianca, Fuipiano (en dehors du terrain exploré) et près de Dossena dans la Valle d'Antea. Le gypse y est parfois très pur et c'est pour ce motif qu'on l'extrayait près de Fuipiano.

On trouve des détritiques de marne dans le gypse des affleurements le long de la route en construction de Dossena à San Pellegrino.

Le gypse est en général finement cristallin, saccharoïde. A quelques endroits nous avons trouvé dans des fissures des cristaux plus grands (jusque de 6 cm.). Il est certain que ces cristaux sont d'origine secondaire.

A l'ouest de Dossena, près de Lago, on rencontre de la dolomie. A l'examen microscopique nous n'avons pu faire de distinction entre elle et la dolomie norienne du Monte Gioco (sud de la Valle d'Antea). PORRO considère cette dolomie comme ayant l'âge du Carnien; on peut s'en rendre compte en examinant sa carte géologique. Au-dessous de cette dolomie nous avons cependant du gypse et du calcaire celluleux comme ceux que nous connaissons par le profil stratigraphique du Carnien supérieur du Val Taleggio. Nous croyons dès lors pouvoir prétendre que cette dolomie appartient au Norien.

Pétrographie.

A. Marne verte de la couche 1.

La roche se compose de petits grains de quartz, qui se trouvent dans une pâte séricitisée. On distingue en outre quelques fragments de plagioclase altéré en séricite et quelques aiguilles d'amphibole.

En outre nous avons de la magnétite et de la pyrite, transformée en partie en limonite.

B. Calcaire gris, bien stratifié de la couche 2.

Ce calcaire se compose en majorité de calcite finement cristallin; d'après la nomenclature de J. DE LAPPARENT cette roche doit être appelée: calcaire grenu. De ci, de là nous trouvons dans la coupe mince des grains de quartz anguleux, des feldspaths séricitisés, des paillettes de biotite et des cristaux de magnétite.

Comme dans les calcaires du Carnien inférieur nous trouvons dans celui-ci de petits oolithes avec comme noyau des cristaux de magnétite.

C. Grès à ciment de calcite.

Cette roche se compose presque entièrement de grains de quartz anguleux, qui sont réunis par un fin ciment de calcite. Outre les minéraux cités nous trouvons aussi, mais en petite quantité, des cristaux de magnétite et de zircon.

D. Calcaire oolithique, finement stratifié de la couche 4. (v. Pl. 7, fig. 4).

Cette roche se compose de calcite, de grains de quartz et de fragments de feldspath. Autour des grains de quartz, de feldspath (orthose et plagioclase).

clase) et de magnétite on observe parfois des concrétions oolithiques d'une grandeur moyenne de 0,1 à 0,25 mm.

E. Tuf volcanique de la couche 5.

Cette roche ressemble à tous points de vue au tuf volcanique que nous avons décrit dans le Carnien inférieur, mais il n'est pas aussi décoloré par le temps. L'analyse microscopique nous permet de constater que cette roche est composée de grains de quartz, de plagioclase, de calcite et de paillettes de biotite. La pâte se compose d'amas de séricite provenant de l'altération de plagioclases.

F. Calcaire caverneux de la couche 9.

Cette roche, typique pour les couches supérieures du Carnien est macroscopiquement reconnaissable à sa structure vacuolaire. Elle présente beaucoup de ressemblance avec la roche du Norien inférieur, mais s'en distingue par son délavé jaune gris.

Examinée microscopiquement, cette roche semble d'être d'un calcaire largement cristallin, dans lequel nous trouvons ci et là quelques grains de quartz anguleux.

4. LE NORIEN.

Dans le terrain exploré ce sont les roches noriennes qui sont les plus récentes quand on fait abstraction des dépôts sédimentaires holocènes et pleistocènes. La roche norienne résiste bien aux influences atmosphériques; c'est pour ce motif que les rochers de dolomie norienne sont escarpés et nus, de végétation maigre; par là ils font contraste avec les couches de Raibl, qui sont en pente douce et souvent recouvertes de bois et de prairies.

A l'ouest nous remarquons les hautes cimes des Mte. Venturosa, Mte. Cancervo, au sud celle du Mte. Gioco; toutes sont entièrement en dolomie norienne.

On peut se faire une excellente idée des roches noriennes, lorsque, en venant de la petite église (San Giacomo), située au-dessus de Brembella on suit le sentier qui conduit au Mte. Cancervo. On parcourt d'abord les couches supérieures du Carnien et ensuite, après une ascension d'environ 40 mètres, on rencontre du cargneule ou dolomie vacuolaire, qui représente les couches inférieures du Norien. L'épaisseur de cette roche qui se distingue par sa couleur grise du calcaire cellulaire jaune-brun du Carnien supérieur est d'environ 20 mètres.

Après le cargneule nous trouvons le long du sentier susdit une brèche de dolomie, contemporaine de l'époque de sédimentation; son épaisseur est d'environ 25 mètres. Nous remarquons également ces horizons inférieurs le long du sentier qui va de San Giacomo au Passo Grialeggio, entre le Mte. Venturosa et le Mte. Cancervo.

Directement au-dessus des couches citées ci-dessus, nous avons la série homogène et épaisse d'environ 1000 m., de dolomie grise et compacte.

¹⁾ Il est souvent très difficile d'établir de façon précise la ligne d'affleurement entre le Norien et le Carnien par suite des cônes d'éboulis extensifs, composés de dolomie non cimentée.

Paléontologie.

Le Norien est pauvre en fossiles. Dans le Val Taleggio nous avons trouvé quelques spécimens de *Gervillia exilis* STOPPANI. Enfin sur le Passo Grialeggio et sur la pente est du Mte. Venturosa, nous avons récolté des moules internes de brachiopodes, mais nous n'avons pu les déterminer de façon précise.

Nous avons découvert en outre une assez grande quantité d'algues incrustantes, appartenant au genre *Gyroporella*; nous ne pouvons prétendre cependant avoir sous les yeux l'espèce *vesiculifera* GÜMBEL.

5. LE PLEISTOCÈNE.

Nous rencontrons, tant sur le terrain étudié par COSLIN que sur le nôtre des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires. Ces derniers forment une série souvent interrompue de terrasses dans la vallée du Brembo; ces terrasses ont une inclinaison de quelques degrés dans la direction de la rivière. Nous remarquons une très belle terrasse sur la rive Est du Brembo, auprès de Scalvino. Il y a en outre une seconde terrasse qui se trouve à environ 20 mètres plus haut dans la vallée.

Ces terrasses se sont formées principalement de galets de calcaires triasiques, de Verrucano et de Servino qui frappent directement l'oeil par leurs couleurs vives. A certains endroits nous voyons très distinctement une stratification torrentielle qui prouve l'origine fluviatile des terrasses.

L'extraction de cette roche que l'on désigne dans ces contrées sous le nom de „ceppo", se fait dans une carrière près de Camerata Cornello; extraction qui n'est avantageuse que lorsque le grain n'offre pas trop de variétés.

Il est remarquable que la roche se durcit au contact de l'air. Ce fait a été souvent observé lors du percement du tunnel du chemin de fer de Bergame à San Martino d'Calvi Nord, aux environs de Camerata. Lorsqu'ayant percé la roche fixe, c. à d. le calcaire d'Esino, on atteignit le ceppo, cette roche se révéla très friable. Au bout de quelques jours cependant la masse friable était devenue un conglomérat dur.

Dans la partie septentrionale du terrain exploré on trouve ci et là des galets erratiques du Verrucano et du Servino, parfois même à 100 mètres au dessus du niveau actuel d'érosion du Brembo. Il est très probable que ceux-ci y ont été amenés par les glaciers pleistocènes.

Selon PENCK les glaciers, lors de la glaciation pleistocène, n'atteignirent que San Martino d'Calvi Sud (Lenna). Au bout de la langue glaciaire nous eûmes alors une grande vallée dans laquelle purent se faire les dépôts fluvio-glaciaires. On a même prouvé la présence de dépôts fluvio-glaciaires aux environs de Bergame.

Lorsque les glaciers se retirèrent, il y eut augmentation de l'érosion normale, par suite de l'agrandissement lent de la tête de vallon formée par le Brembo et ses nombreux affluents, ce qui amena la disparition presque totale des dépôts fluvio-glaciaires, que l'on ne rencontre plus aujourd'hui qu'à quelques endroits.

6. LE HOLOCÈNE.

Nous rencontrons sur le terrain étudié des dépôts holocènes: dépôts fluviaux et cônes d'éboulis. Les cônes d'éboulis les plus vastes se trouvent dans la partie ouest du terrain, là où le Norien affleure. Il est remarquable que ces cônes d'éboulis se composent de dolomie non cimentée, alors que JONG a observé dans le Val Stabina que les détritiques de dolomie étaient souvent cimentés.

Les quelques dolines que nous avons rencontrées sont probablement de l'époque holocène. Nous en trouvons une très grande au pied du Mte. Pedroso. Toutes les autres se trouvent sur le terrain, connu sous le nom de Pra Landet, sur la crête Est de la Valle di Lavaggio. Elles se rencontrent par groupes et n'ont que quelques mètres de diamètre.

III. LES FAUNES DU LADINIEN ET DU CARNIEN; LES CIRCONSTANCES DE LA SÉDIMENTATION.

Grâce à l'amabilité du Dr. E. CAFFI de Bergame, qui nous a fait parvenir une liste des fossiles des couches ladiniennes et carniennes dans la province de Bergame, il nous est possible de donner ici quelques détails sur ces faunes fossiles.

Comme notre liste peut ne pas être complète nous communiquons les résultats de l'enquête ci-dessous sous toutes réserves.

Le Ladinien: Les fossiles du calcaire d'Esino proviennent de quatre des endroits les plus importants de la province de Bergame, c. à. d.:

- A. Valle di Lenna.
- B. Lenna-Scalvino (Costa Pagliari).
- C. Ghegna-Roncobello (Valle Secca).
- D. Monte Presolana.

La faune se compose surtout de gastéropodes, de lamellibranches, de céphalopodes et de brachiopodes. Les deux derniers groupes sont de loin les moins importants et semblent n'être représentés dans toutes leurs variétés que près de Ghegna.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu du nombre d'espèces des groupes de mollusques cités que l'on rencontre dans chacune des localités fossilifères susnommées.

Localités	A	B	C	D
Gastéropodes	41	30	72	12
Lamellibranches	5	5	42	6
Céphalopodes	0	2	12	2
Brachiopodes	0	0	13	1

Ce qui nous frappe le plus dans ce tableau, c'est la grande quantité de lamellibranches cités comme ayant été trouvés à Ghegna, alors que les autres groupes de mollusques y sont très bien représentés aussi.

Dans la liste des fossiles de Ghegna, qu'a bien voulu nous transmettre le Dr. E. CAFFI nous avons rencontré des fossiles caractéristiques du calcaire d'Esino, p. ex.:

Omphaloptychia princeps STOP.

 " *aldrovandii* "

D'autres fossiles, c. à. d.:

Spirigera trigonella STOP.

Mysidioptera vixcostata STOP.

Hoernesia joannis-austriacae KLIPST.,

ont attiré notre attention spéciale pour la raison suivante:

Le *Spirigera trigonella* est cité par COSLIN (10), comme appartenant à l'Anisien et se rencontrant au nord de Piazza Brembana, tandis que le *Mysidioptera vizcostata* fut découvert par lui dans les affleurements anisiens près de Lenna.

Hoernesia joannis-austriae de son côté est un fossile assez commun du Carnien fossilifère.

Comme ailleurs dans le Ladinien on ne rencontre que rarement des ammonites, il est étonnant qu'à Ghegna on rencontre au moins douze espèces de céphalopodes. Parmi ces ammonites nous observons des genres typiquement anisiens, comme les *Ptychites* et les *Balatonites*. Ce qu'il y a de plus remarquable encore, c'est que l'„*Ammonites globosa* STOR.”, que nous rencontrons p. ex. près de Scalvino n'est pas connue à Ghegna.

En outre l'existence de treize espèces de brachiopodes dans le calcaire d'Esino est tout à fait inattendue.

Tablant sur ces arguments, nous croyons pouvoir conclure que beaucoup de fossiles du calcaire d'Esino ont en effet l'âge de l'Anisien (quelques-uns de ces fossiles douteux du calcaire d'Esino ont été examinés en 1926 par le professeur PARONA à Turin, mais il n'a pas encore fait paraître son rapport).

Autre supposition: il est possible que ceux qui ont réuni les fossiles de Ghegna se sont trompés, si nous en croyons Mr. BOUMAN¹⁾ de Leyde, quand il nous signale que la Valle Secca a subi l'influence de dislocations tectoniques importantes. Dès lors nous passerons sous silence les fossiles de Ghegna et dirons seulement que dans la province de Bergame, dans le calcaire d'Esino il y a: 64 espèces de gastéropodes contre 11 espèces de lamellibranches.

Il est vrai que ces chiffres, par suite de nombreux facteurs, ne rendent pas de façon exacte la proportion existant entre les gastéropodes et les bivalves; cependant ils démontrent clairement la prédominance des gastéropodes.

Le Carnien: Les données concernant la faune du Carnien, ont trait au territoire entre l'Adda à l'ouest et l'Oglio à l'Est. Elles nous sont fournies par les localités suivantes:

- | | |
|---|-----------------|
| a. Acquate (auprès de Lecco, situé sur le lac de Côme). | |
| b. San Giovanni Bianco-San Gallo | Valle Brembana. |
| c. Dossena | ” ” |
| d. Val del Riso (Gorno-Premolo-Rogno)..... | Val Seriana. |
| e. Valzurio et le Mte. Blum..... | ” ” |
| f. Ardesio | ” ” |
| g. Giogo di Castione et le Mte. Pora..... | ” ” |
| h. Bossico-Ceratello | Val Camonica. |

Dans le tableau synoptique ci-dessous nous donnerons comme pour le Ladinien, le nombre d'espèces de gastéropodes, de lamellibranches, de céphalopodes et de brachiopodes de chacune de ces localités fossilifères.

¹⁾ Mr. BOUMAN a étudié ce terrain, mais les résultats de ses recherches ne sont pas encore publiés.

Localités	a	b	c	d	e	f	g	h
Gastéropodes	9	3	2	11	0	0	1	2
Lamellibranches	31	29	19	46	9	6	38	8
Céphalopodes	4	1	1	4	0	1	0	0
Brachiopodes	3	2	1	4	0	0	1	0

Nous remarquons donc nettement la suprématie des lamellibranches pendant la période de sédimentation carnienne. Malgré que dans le Val del Riso nous trouvons 11 espèces de gastéropodes, la proportion lamellibranches: gastéropodes est encore de 4:1.

Pendant l'intervalle de temps entre le Ladinien supérieur et le Carnien moyen il y a eu de grands changements dans la faune; en effet, dans les horizons inférieurs du Carnien fossilifère, nous n'avons trouvé que des lamellibranches (pour le moment ce n'est le cas que pour la Valle Brembana).

Et maintenant que nous avons dressé ces tableaux synoptiques du Ladinien et du Carnien, voyons comment il est possible d'expliquer ce grand contraste de faune.

Selon différents auteurs, la faune d'une roche sédimentaire doit être déterminée principalement par le facies de la roche en question. C'est ainsi que des roches de facies abyssal, bathyal et néritique ont une faune différente par suite des profondeurs différentes de la mer dans laquelle ces sédiments se sont déposés. DEECKE (13, 14) tout en admettant ceci pense en outre qu'on ne peut en rester là et que l'on doit pousser plus avant la distinction. C'est ainsi que dans la zone néritique, selon que les sédiments sont marneux ou calcareux, nous trouverons une prédominance des lamellibranches ou des gastéropodes. Nous sommes parfaitement d'accord avec cet auteur sur ce point et il nous semble utile de comparer les sédiments du Ladinien et du Cornien afin de tâcher d'expliquer les différentes faunes.

Le Ladinien: La série de calcaires du Ladinien inférieur, d'une épaisseur d'environ 1000 m. est, quant à sa composition, assez homogène. Dans la Valle Brembana, nous ne trouvons absolument pas d'indices de changements importants de facies. Nous pouvons donc admettre que la sédimentation a eu lieu sur le fond de la mer, s'affaissant peu à peu.

Les opinions diffèrent beaucoup quant à la profondeur de la mer à l'époque ladinienne. TRÜMPY (50) tablant sur la présence de diplopores suppose que la profondeur de la mer dans la montagne de Grigna était de 200 à 400 m. Selon GARDINER les siphonnées ne se rencontrent qu'à une profondeur moindre que 120 m.

Comme nous l'avons dit dans le chapitre sur la stratigraphie, nous trouvons ces algues dans le calcaire du Mte. Ortighera, Mte. Menna et plus à l'est sur le Mte. Arera. Plus au sud les diplopores ont une tendance à devenir quantitativement plus rares tandis que les gastéropodes deviennent de plus en plus nombreux.

Les gastéropodes qui sont en général des organismes benthoniques, ont du évidemment trouver dans le fond de la mer à l'époque ladinienne un milieu très favorable (probablement un fond rocheux), tandis que les lamellibranches, qui généralement préfèrent un fond vaseux pour s'y terrer n'ont pas du jouir de circonstances bien favorables.

C'est peut-être pour ces motifs que la mer ladinienne fut surtout le centre de prédilection des gastéropodes; cette période florissante devait cependant avoir une fin, car pendant la période carnienne le fond de la mer se suréleva; à preuve le facies littoral et vaseux des roches.

Le Carnien: Les sédiments carniens ont en général un facies totalement différent. Dans les couches de Raibl, on ne rencontre que rarement des bancs de calcaire. La plupart des roches sont des marnes, des grès et des tufs volcaniques. Nous devons cependant attirer l'attention sur le fait que cette observation n'a trait qu'à la Valle Brembana. Le Carnien inférieur qui dans la Valle Brembana et la Valle Pioverna (hors du terrain étudié) est de facies tuffo-calcaireux, se présente p. ex. dans le Val di Scalve sous forme de calcaires.

DEECKE distingue, en allant de l'est à l'ouest:

1. le facies tuffogène du Val Trompia et du Val Sabbia.
2. le facies calcaireux du Val di Scalve et du Mte. Blum.
3. le facies tuffo-calcaireux de la Valle Brembana et de la Valle Pioverna.
4. les ardoises noires et le „Bänderkalk" à l'ouest du lac de Côme.

D'où il appert que horizontalement le facies des roches est fortement soumis à des changements. Il en est de même verticalement (v. profil stratigraphique du Carnien). D'un autre côté, vu les différences de facies dans la direction est—ouest, nous pouvons dire que pendant le Carnien le relief du fond de la mer a subi des changements, c. à d. qu'il s'y est formé à certains endroits des parties plus profondes et moins profondes.

Des changements de facies en sens vertical, nous pouvons conclure que le fond de la mer n'était pas stable, mais était sujet à des oscillations verticales, indiquant des mouvements orogéniques, qui commencèrent au début du Carnien.

A notre avis, il est permis de supposer que les couches carniennes fossilifères de la Valle Brembana ont du se déposer dans une mer peu profonde, auprès de la côte. A certains endroits il est même possible qu'il y ait eu de la végétation car on en trouve des traces dans certains bancs de grès, entre autres près de Madonna della Costa. En outre on trouve rarement des restes de reptiles.

La situation des lamellibranches au test mince (*Myoconcha*, *Myo-phoria*), qui généralement vivent enfouis dans la boue, était très favorable dans ces endroits où s'étaient déposés des sédiments vaseux.

Quant aux coraux que nous rencontrons dans la montagne de Grigna et aussi sur le terrain étudié près de Scalvino (le genre *Montlivaultia*), dans le calcaire d'Esino, les circonstances n'étaient pas favorables à leur

développement, de sorte qu'on ne les trouve qu'à quelques endroits (p. ex. le genre *Cladophyllia* près de Acquate).

Les gastéropodes disparurent à peu près complètement, probablement à cause de la nature du fond de la mer qui ne convenait pas à leur vie benthonique-vagile. Là, où le facies des roches est calcaireux on rencontre parfois de petits gastéropodes; cependant il n'y a pas du tout de spécimens au test épais, comme on en trouve dans le calcaire d'Esino.

IV. CONCLUSIONS SUR LES PROFILS STRATIGRAPHIQUES DES COUCHES SÉDIMENTAIRES TRIASIQUES DE LA VALLE BREMBANA.

Dans ce chapitre nous allons examiner les différents changements que le fond de la mer a du subir pendant la période triasique.

Quand on étudie la stratigraphie de l'Anisien, comme COSLIN l'a fait dans le terrain situé au nord de celui dont nous avons relevé la carte géologique, il semble que du moins dans la partie sud, il n'y ait pas eu de changements importants de facies. La transition de l'Anisien au Ladinien a été très régulière. Nous croyons pouvoir dire, en nous basant sur l'étude des roches, que le calcaire d'Esino s'est déposé dans une mer plus profonde. Il nous a semblé que les roches anisiennes étaient en général plus riches en composés bitumineux que celles du Ladinien. Et comme nous pouvons en juger par la présence de siphonées la profondeur de la mer à l'époque ladinienne n'était pas supérieure à environ 200 m. (selon GARDINER au maximum 120 m., TRÜMPY 200 à 400 m.), le calcaire anisien a dû se déposer dans une mer profonde de moins de 200 m.

Pendant la période où se déposa la série de calcaires ladiniens, épaisse d'environ 900 m., les conditions restèrent sensiblement les mêmes. Le fond de la mer s'affaissa à une rapidité à peu près égale à celle de la sédimentation, par suite de quoi le facies resta toujours néritico-bathyal.

Le calcaire bréchique qui se déposa ensuite, indique l'éventualité d'une régression peu importante. Pendant la sédimentation du calcaire ladinien supérieur le fond de la mer s'affaissa de nouveau pour se surélever vers la fin du Ladinien. A preuve les schistes argileux qui se trouvent au-dessus du calcaire métallifère.

Au début du Carnien le fond de la mer se suréleva considérablement, du moins dans la Valle Brembana et pendant toute cette période de sédimentation le facies des roches resta littoralo-néritique. Comme le fond de la mer n'était pas stable, de légères oscillations eurent lieu. Ces oscillations eurent pour résultat de faire se déposer soit des grès soit des calcaires. Les calcaires contiennent plus ou moins de quartz; en général les grès sont cimentés par du calcite, et nous trouvons donc ici toutes les transitions du grès au calcaire, c. à d. des grès calcaires et des calcaires siliceux.

Outre ces grès et calcaires, nous trouvons également des marnes; ci celles-ci contiennent des fossiles, nous pouvons dire qu'elles sont de facies littoralo-néritique, mais si elles n'en contiennent pas, il sera impossible de dire à quelle profondeur elles se sont déposées.

La présence de tufs volcaniques dans le Carnien inférieur et supé-

rieur en est une particularité. Comme nous l'avons déjà expliqué, ils proviennent vraisemblablement d'éruptions porphyritiques.

Fait remarquable: il n'y a point de fossiles dans le Carnien inférieur et supérieur; les éruptions volcaniques exerçant surtout leur influence destructive sur la faune marine (52), il est possible que la faune du Carnien ait été détruite pendant les deux périodes d'éruption; destruction due aux déjections et à l'échappement de gaz volcaniques.

La régression importante commença vers la fin du Carnien, et à cette époque se formèrent les amas de gypse. La régression continua pendant le Norien inférieur, d'où la présence de cargneule et de dolomie bréchique. Cette période relativement courte fut suivie d'une autre d'affaissement, pendant laquelle se déposa la série de dolomies noriennes, épaisse de près de 1000 mètres.

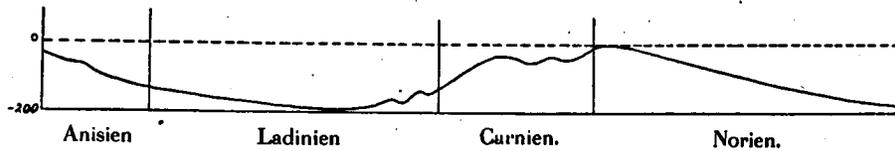


Fig. 3.

Dans la figure 3 nous donnons un schéma des changements qu'a subis le fond de la mer dans la Valle Brembana pendant le Trias.

La ligne pointillée représente le niveau de la mer.

V. GEOLOGIE TECTONIQUE.

La structure géologique du terrain étudié n'est pas bien compliquée. Le terrain occupe le flanc ouest d'un grand pli anticlinal, dont la culmination se trouve à l'est du terrain exploré.

A l'ouest du Brembo on ne trouve guère de dislocations importantes; les couches de l'ouest à l'est se succèdent dans l'ordre suivant: Norien, Carnien, Ladinien.

Dans la partie sud, où le Carnien affleure, on observe quelques faibles plis, de petites failles et des charriages. Nous reviendrons sur ces phénomènes à la fin de ce chapitre.

La seule zone fortement influencée par des dislocations est celle du Passo dell'Ortighera, qui, comme nous le verrons plus loin, trouve sa continuation dans le champ de fractures de Vaccareggio.

Champ de fractures du Passo dell' Ortighera.

Quand en venant de Cantone on grimpe le sentier qui conduit au Passo dell'Ortighera on remarque après quelques centaines de mètres que le sentier conduit au col par de nombreuses courbes peu importantes. A différents endroits on rencontre une roche curieuse, ressemblant tout à fait au calcaire ladinien, et qui, à l'analyse, se révèle pleine de fissures microscopiques. Arrivé sur le col, c. à d. à 1400 m., nous apercevons que les roches qui y affleurent appartiennent pour la plus grande partie au Carnien, tandis que à l'est les rochers escarpés du Ladinien s'élèvent jusqu'à 1800 mètres.

A l'ouest du col se trouve le Mte. Ortighera, dont seul le sommet est formé de sédiments carniens. Le tout donne l'impression que le col de l'Ortighera est un fossé d'effondrement dans lequel se sont affaissées les couches de l'Anisien, du Ladinien et du Carnien, avec un rejet vertical que nous estimons être de quelques centaines de mètres.

Si nous examinons avec plus de soin le contact anormal Carnien-Ladinien nous nous apercevons qu'au sud-ouest du col, l'érosion a mis à découvert un magnifique plan de rupture. Ce plan est orienté du N.N.O.—S.S.E., alors que les stries sont presque horizontales. Poussant encore plus à fond nos recherches, nous avons remarqué à différents endroits au nord et à l'est du col, des stries qui suivaient toutes approximativement la même direction et étaient également presque horizontales. Ces observations nous permettent de conclure que le col de l'Ortighera, tant à l'est qu'à l'ouest, est borné par des failles, le long desquelles, vu leurs stries horizontales, les derniers mouvements peuvent être considérés comme des décrochements horizontaux. Nous avons en outre une troisième faille importante, celle qui découpe le col de l'Ortighera presque au centre.

Nous avons donc trois failles principales, mais aussi un grand nombre de petites failles moins importantes (non indiquées sur la carte cependant). Leur existence s'explique par le fait que dans les petits affleurements que nous rencontrons sur le col, le Carnien et le Ladinien sont toujours en contact mécanique. La photo (Pl. 8, fig. 1) nous montre une surface de contact mécanique entre le Carnien et le Ladinien.

Nous expliquerons dans le chapitre sur les minéraux utiles le rapport entre les failles et la présence de barytine.

Champ de fractures de Vaccareggio. (Mte. Pedroso,, Mte. Castello, Valle di Lavaggio).

Quand on prend le sentier qui conduit au Valle Borgo, en venant du Col de Dossena, on remarque qu'à différents endroits le Carnien repose de façon anormale sur le Ladinien. Le Mte. Pedroso est borné au sud par une faille que l'on peut suivre vers le S.O., mais que nous considérons comme une faille normale, inclinée vers le sud.

Nous rencontrons dans la zone de Vaccareggio, mais à un seul endroit, un reste du Carnien, dont la position est tout à fait analogue à celle du Carnien sur le Passo dell'Ortighera. Il est à remarquer également que dans la partie nord-ouest de ce terrain on a trouvé des traces de barytine. Ceci est un nouvel argument en faveur de notre hypothèse, à savoir que la déposition de barytine et la formation des failles se sont passées à peu près synchroniquement.

Nous avons rendu ces deux systèmes de failles sur la carte géologique au moyen de grosses lignes. Au début il nous a semblé que les deux champs de fractures formaient un tout et que les failles pouvaient être réunies. En effet, à la suite de recherches dans le Val Parina, nous avons constaté que les failles découpent la vallée. A certains endroits nous avons trouvé cette même roche caractéristique, que nous considérons comme une brèche de friction, et que nous avons déjà citée à propos du champ de fractures du Passo dell'Ortighera. Sur la microphoto (Pl. 7, fig. 2) on voit très clairement que la roche est fendillée. A certains endroits de grossiers spécimens de calcite témoignent de recristallisation, tandis qu'à d'autres le calcaire a été écrasé et puis de nouveau cimenté par du calcite.

A la suite de nos recherches nous croyons pouvoir dire que cette roche est vraiment typique de la grande zone disloquée du Passo dell'Ortighera-Vaccareggio.

Nous devons en outre attirer l'attention sur la présence de Carnien auprès de Capo Paglio à l'ouest de la Valle di Lavaggio. Comme le lecteur a pu s'en rendre compte d'après la coupe transversale K.-L. de la planche 6 nous expliquons ces affleurements en admettant des décrochements horizontaux, orientés N.O.—S.E., et que l'on peut considérer comme des failles-limites de la zone disloquée dont nous avons fait mention ci-dessus.

Nous avons émis cette hypothèse car sans elle nous ne saurions expliquer ces affleurements du Carnien qu'en admettant qu'il y ait eu là un plissement assez escarpé dans le Ladinien; le Carnien dans son pli synclinal n'aurait pas été transporté par l'érosion.

Nous n'avons point remarqué là de variations plus ou moins importantes d'inclinaison et en tout cas pas d'inclinaison des couches vers l'est (ce qui est nécessaire pour expliquer la présence du Carnien).

Sur la carte nous avons dessiné comme failles hypothétiques celles dont, pour les motifs ci-dessus, nous avons supposé l'existence.

Origine des décrochements horizontaux.

Ce que les dernières recherches dans les Alpes Bergamasques ont prouvé, WENNEKERS (53) l'a expliqué en détail, et après lui, nous admettons que dans les paquets sédimentaires ont eu lieu des mouvements, dirigés du nord au sud, mouvements occasionnés par le sous-charriage de l'arrière-pays. Ces mouvements allant du nord au sud se firent le long de couches qui de par leur nature auraient pu faire fonction d'horizon plastique. Les décrochements horizontaux ont du se produire par suite de résistance variable qu'a exercé le sous-sol (dépressions et culminations du substratum). Lorsque l'on consulte la carte de Porro, qui par son échelle 1:100.000 donne un excellent aperçu général, on remarque les grandes masses de porphyre, directement au N. des failles que nous avons observées. Lors du mouvement des paquets sédimentaires, orienté du N. au S. cette masse rigide exerça une grande résistance qui eut pour résultat la formation des failles citées plus haut (N.B. la formation des décrochements horizontaux peut très bien aussi s'expliquer au moyen d'un mouvement primaire S.—N. des sédiments, mouvement qui peut avoir été occasionné par une poussée du continent africain).

Comme la formation de ces failles peut très bien s'expliquer également, comme nous l'avons montré plus haut, au moyen d'un mouvement N.—S. des sédiments (explication qui est très bien dans le cadre des résultats obtenus jusque maintenant), il nous semble que nous n'avons qu'à nous en tenir à cette hypothèse.

Nous avons observé aussi à l'est du terrain étudié qu'en effet les masses de porphyre ont joué un rôle important dans la formation des décrochements horizontaux. Le travail de BEYERINCK apportera plus de lumière sur ces failles, parmi lesquelles celle de la Valle Vedra, qui va du N.E. au S.O., contourne le bord Est de la masse éruptive.

Enfin ajoutons encore un mot des petites dislocations que nous avons rencontrées dans les couches carniennes.

A beaucoup d'endroits nous avons trouvé dans ces couches des petites failles que nous n'avons point reprises sur la carte géologique, par suite de leur rejet vertical infime. Sur ces failles nous remarquons des miroirs de faille sur lesquels s'est déposé plus tard du calcite secondaire.

Nous avons trouvé un charriage assez important le long du chemin de Camerata Cornello à San Giovanni Bianco. Dans la vallée du Brembo nous avons perdu sa trace pour la retrouver quelques centaines de mètres au N. de Madonna della Costa, auprès de Palazzo. La figure 4 représente ce charriage.

Il est intéressant de voir comment les minces couches de marne se sont plissées très fort sous la poussée tectonique. Il est probable que

ce charriage provienne de la poussée N.—S., dont nous avons déjà parlé.

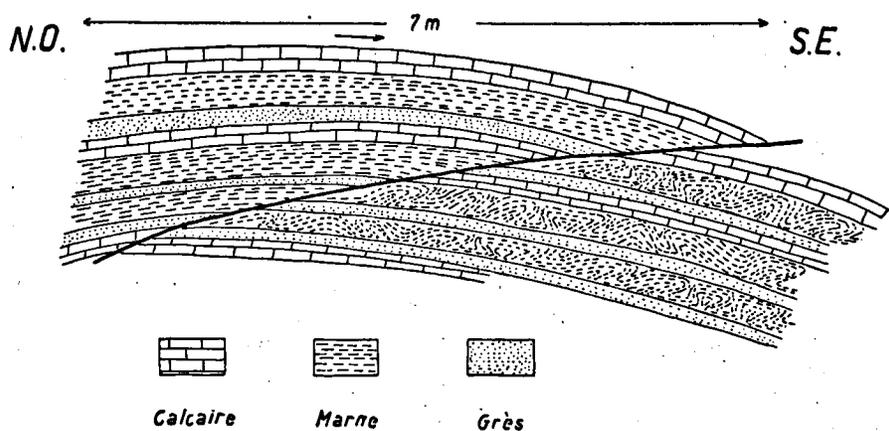


Fig. 4.

Nous avons observé en outre des plis transversaux et asymétriques dans le Carnien, le long du sentier de Pianca à San Giovanni Bianco. Ces plis sont cependant de dimensions minimales (seulement quelques mètres), et pour ce motif n'ont point été repris dans les coupes transversales.

VI. LES MINÉRAUX UTILES.

Nous avons jugé nécessaire de consacrer un chapitre spécial à l'étude des minéraux utiles, extraits avec quelque rendement sur le terrain étudié. Nous traiterons successivement les points suivants :

- A. Stratigraphie et topographie des gisements métallifères.
- B. Minéraux exploités.
- C. Principaux centres miniers et mode de présentation du minerai.
- D. Genèse des minerais primaires et origine des minerais secondaires.

A. Stratigraphie et topographie des gisements métallifères.

Les horizons minéralisés se trouvent dans les couches supérieures du Ladinien, couches qui ont une épaisseur de 50 à 60 m. Directement sous celles-ci nous rencontrons du „Calcare rosso”, que l'on extrait dans la Valle Secca. Le Plattenkalk du Carnien inférieur repose sur les gisements métallifères. Celui-là est absolument stérile dans le terrain exploré. Plus à l'est, dans le Val Seriana, les dépôts sédimentaires du Carnien inférieur contiennent parfois du minerai.

Le calcaire métallifère se présente dans la province de Bergame sous forme d'une bande irrégulière allant de l'ouest à l'est, depuis Cespedosio jusqu'à la Presolana.

Depuis des siècles déjà des galeries ont été creusées dans cette région : des découvertes historiques témoignent de la véracité de ce dire. (v. notre description de la concession de Vaccareggio). La société belge „La Vieille Montagne” possède dans la province de Bergame de nombreuses concessions (p. ex. à Zambla, Oltre il Colle, Serina, Val del Riso) dont elle extrait intensivement des minerais de zinc.

La „Societa Mineraria Prealpina” de son côté y extrait de la fluorine, surtout dans ses mines de la concession „Dossena Gialla”. Cette société a abandonné actuellement l'extraction du minerai de zinc, par suite de son prix dérisoire ; une seule société qui s'occupait de l'exploitation de mines de barytine a du fermer ses portes.

B. Minéraux exploités.

En fait de minerais de zinc on trouve :

<i>de la blende</i>	ZnS
<i>de la smithsonite</i>	ZnCO ₃
<i>de l'hémimorphite</i>	2 (ZnOH) ₂ SiO ₃
<i>de l'hydrozincite</i>	2 ZnCO ₃ 3 Zn(OH) ₂

Nous y trouvons aussi, mélangés aux minerais de zinc, des minéraux de plomb, comme la galène (PbS) et la cérusite (PbCO₃). La quantité de minerai de plomb étant minime, son exploitation ne saurait donner qu'un rendement bien insuffisant.

A certains endroits nous rencontrons de grandes quantités d'un autre minéral utile que l'on extrait, à savoir la *fluorine* (CaF₂). Cette fluorine contient souvent des traces de sels de cadmium qui lui donnent un aspect jaunâtre, et parfois aussi de la *bournonite* (CuPbSbS₃); cette dernière n'a cependant pas la moindre valeur économique.

D'un autre côté la *barytine* (BaSO₄), p. ex. sur le Passo dell'Ortighera ne s'est pas révélée assez pure, pour qu'on continuât les travaux préliminaires à l'extraction.

Le plus important des minéraux cités plus haut est certes l'hémimorphite, du moins au point de vue économique. Remarquons cependant que dans le monde des mineurs bergamasques le mot „calamina” ne signifie pas seulement l'hémimorphite, mais aussi l'hydrozincite et la smithsonite. Ces mineurs emploient l'expression „*brucioni*” pour désigner une roche en général riche en quartz, pauvre en zinc et souvent rougie par la présence de limonite. Nous rencontrons cette roche surtout là où par érosion les couches sédimentaires du Carnien (le toit) ont été emportées, et où le calcaire métallifère se trouve à fleur de sol. Ce brucione doit être considéré comme une zone d'oxydation superficielle, c. à. d. un chapeau de fer. (Ital. cappellaccio c. à. d. vilain chapeau). Mais comme l'exploitation de ces brucioni serait peu avantageuse par suite de leur teneur infime en zinc, on ne l'a point entreprise.

C. Principaux centres miniers.

Sous ce titre nous traiterons dans l'ordre suivant des principaux centres miniers, rencontrés sur le terrain étudié.

- I. San Pietro d'Orzio et Dossena.
- II. Cespedosio.
- III. Valle di Lavaggio.
- IV. Vaccareggio.
- V—VI. Ortighera et Mte. Musso.

La fig. 5 représente les délimitations de ces concessions.

I. Les mines de San Pietro d'Orzio et Dossena, c. à. d. les mines des concessions suivantes:

Dossena Gialla.
San Pietro d'Orzio et Dossena.
San Pietro d'Orzio.

La concession de *Dossena gialla* obtenue en 1878 par la „Modigliani Gibson”, passa ensuite à la „Crown Spelter” et fut reprise en 1897 par „l'Austro Belga”. Son exploitation est assurée maintenant par la „Societa Mineraria Prealpina”.

Les minerais de zinc de cette concession sont: la blende, la smithsonite et l'hémimorphite.

Ces mines qui se trouvent dans la partie la plus élevée de la con-

cession ont eu ces 50 dernières années un rendement remarquable de minerai de zinc. De 1920 à 1926 la production annuelle fut d'environ 750 quintaux. De 1926 à 1929 d'environ 400 quintaux l'an. Les travaux d'extraction du zinc sont aujourd'hui abandonnés.

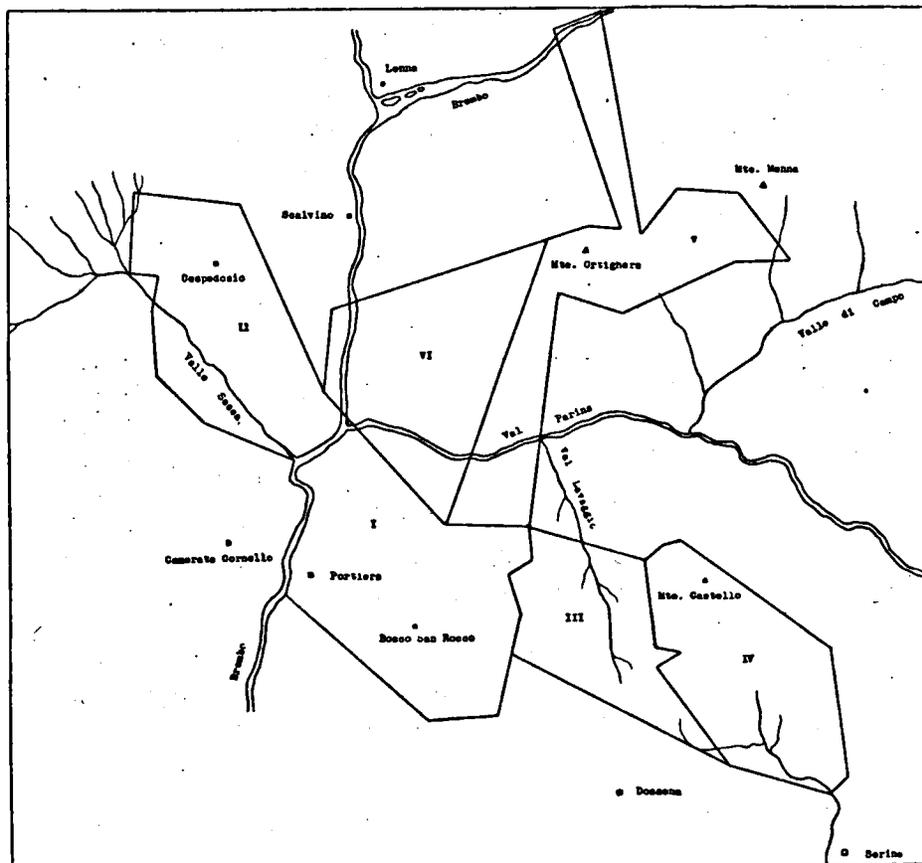


Fig. 5.

Mode de présentation du minerai.

On trouve le minerai dans des poches séparées, qui sont de plus en plus petites plus elles sont à fleur de sol. Il y a parfois un certain parallélisme entre ces poches et le plan de stratification. Dans les galeries se trouvant sur la crête qui limite le Val Parina au sud, on a exploité des amas lenticulaires de minerai, qui, semble-t-il, suivent plus ou moins parallèlement le plan de stratification.

On a surtout extrait dans les galeries de cette concession de l'hémimorphite et de l'hydrozincite. Dans les galeries inférieures il y a aussi de la blende, mais en quantité limitée. Le minerai y est en général de bonne qualité (40 % de Zn), et parfois jaune. C'est même à cette couleur jaune du minerai que la concession doit son nom (gialla = jaune).

W. DEECKE, qui a globalement étudié ce centre minier, donne dans son rapport (12) une coupe schématique des couches supérieures du calcaire métallifère. Cette coupe est probablement exacte pour un seul point, mais ne peut prétendre être une généralisation. „Die regelmässige Wechsellagerung der erzführenden und tauben Partien”, selon DEECKE, est à notre sens une exception.

Lorsque l'extraction de minerai de zinc a du être abandonnée par suite de la dépréciation du zinc, la société en question a porté toute son activité sur la fluorine, dont la concession de Dossena gialla regorgeait. La fluorine y extraite est en partie très pure et à peu près blanche. Et si, dans cette fluorine, nous trouvons parfois des impuretés, celles-ci s'expliquent par la présence de traces de sels de cuivre et de cadmium qui donnent à la fluorine des teintes vertes et jaunes. Nous n'avons pu découvrir d'où provient la coloration violacée de la fluorine. Par rapport à cela il n'est peut-être pas superflu de relever que cette couleur disparaît sous l'action du soleil. Rares sont les beaux cristaux de fluorine à Dossena gialla. Ce minéral se présente en effet en général sous forme d'amas holocristallins et compacts. A l'oeil nu on ne distingue pas de cristaux.

Faisons également remarquer que la présence de fluorine n'est pas limitée à un horizon fixe. On la rencontre depuis les bancs de lydienne: couches supérieures du calcaire métallifère, jusqu'au calcaires stratigraphiquement inférieurs contenant de la blende (Pl. 8, fig. 3 représente un bel exemple d'une paragenèse de blende et de fluorine). Dans cette série de roches, épaisse de 50 à 60 m., on trouve la fluorine, soit en amas lenticulaires (p. ex. dans la mine Nember d'une épaisseur de 3 m.) ou bien dans de petites poches, dans la lydienne ou dans le calcaire métallifère.

DEECKE, qui probablement a étudié la concession Dossena gialla, constate la présence d'améthyste en assez grande quantité. Quant à nous, nous n'y avons jamais rencontré d'améthyste et il nous semble très probable que DEECKE, et après lui SAVOIA (43), ont considéré la fluorine violette comme étant de l'améthyste.

Qu'il nous soit enfin permis de signaler que pendant les années 1926 à 1930, on a extrait environ 9000 quintaux de fluorine de la concession Dossena gialla.

La concession de *San Pietro d'Orzio* et *Dossena* fut obtenue en 1882 par ULYSSE RIVA qui transmit ses droits à la „Crown Spelter, qui à son tour la vendit à „l'Austro Belga”. Après que cette dernière l'eut exploitée pendant quelque temps, les mines furent reprises pendant les 10 à 20 dernières années par la société „Mineraria Prealpina”.

Du point de vue géologique cette concession est d'un intérêt réel pour nous, grâce à la présence de blende. Nous avons remarqué distinctement que dans les mines de cette concession le calcaire était imprégné de blende, de sorte qu'il n'est pas douteux que la blende soit réellement un minéral métasomatique, c. à d. que le carbonate de chaux ait été remplacé par de la blende (Pl. 8, fig. 3). D'un autre côté nous nous sommes aperçus qu'à certains endroits la blende s'était transformée en smithsonite et en hydrozincite.

Dans ces mines nous rencontrons souvent aussi dans des fissures et dans des cavités des scalénoèdres de calcite recouverts d'hémimorphite, c. à d. des métamorphismes superficiels d'hémimorphite à calcite.

La galène et la pyrite y sont rarement mélangées à la blende. Malheureusement ces deux minéraux n'ont pas la moindre importance à cause de leur quantité infime. La société „Mineraria Prealpina” y a extrait jusqu'à ce jour tout au plus quelques centaines de quintaux de blende.

La concession *San Pietro d'Orzio* fut obtenue en 1880 par la „Modigliani Gibson”; elle passa ensuite à la „Crown Spelter”, à „l'Austro Belga”, puis à la „Prealpina”.

Le toit des gisements métallifères se compose d'une croûte assez épaisse de brucioni. C'est sous ce toit que l'on trouve du minerai, de la smithsonite compacte. D'un autre côté on a découvert dans les mines de cette concession, mais par endroits, de grandes masses de blende, transformée superficiellement en carbonate et en silicate.

Depuis une dizaine d'années l'exploitation de ces mines est suspendue.

II. La concession de *Cespedosio*, obtenue en 1888 par REINACH et BOTTICELLI fut cédée ensuite à la „Crown Spelter” et „l'Austro Belga”. La „Prealpina” l'exploite depuis quelques années.

On y extrait surtout de l'hémimorphite; ce minerai se rencontre surtout dans des crevasses irrégulières et dans des fissures du calcaire. La production n'y a jamais été bien extraordinaire; elle ne s'éleva pendant les années 1920—1925 qu'à environ 250 quintaux l'an. Les travaux y sont abandonnés depuis deux ans.

III. La concession de la *Valle di Lavaggio* est exploitée depuis 1890 par la „Vieille Montagne”. On y travaille assez irrégulièrement et le contingent de mineurs est assez restreint. La croûte de brucioni est, à certains endroits, bien développée. En vue de l'exploitation il a toujours été cherché à maintenir le contact entre les brucioni et le calcaire métallifère. Ce délit irrégulier fournit très souvent de petites quantités de smithsonite et d'hémimorphite. Leur teneur en zinc est cependant suffisante. Sur la crête du Val Lavaggio, à une altitude de 1240 m., on a trouvé un peu de blende.

IV. La concession de *Vaccareggio*. En 1878 on accorda concession pour cette région à la „Modigliani Gibson”. Après quelques années ce droit passa à la „Crown Spelter” qui l'exploita jusqu'en 1896. Cette même année la „Vieille Montagne” reprit les mines de Vaccareggio.

Les mines que nous rencontrons sur cette concession sont généralement très anciennes. Certains indices nous permettent même de croire que les premiers travaux d'extraction de minerai furent entrepris par les moines d'un monastère de Dossena (communication verbale du Dr. E. CAFFI à Bergame). Grâce à des découvertes historiques (p. ex. un casque, qui se trouve au „Museo Civico di Storia Naturale” à Bergame) on a pu en induire que déjà sous la république de Venise l'industrie minière y était très prospère. On extrayait alors généralement le minerai qui se trouvait à fleur de sol. D'un autre côté cependant il est prouvé qu'un assez grand nombre de galeries très étroites et peu profondes datent de

cette époque. Mais c'est surtout pendant la guerre mondiale que l'on travailla intensivement à Vaccareggio et que d'importantes quantités de minerai de zinc furent extraites. Jusqu'en 1916 la production mensuelle était d'environ 200 quintaux. Après 1916 la production diminua lentement et en 1930 elle ne dépassait plus 20 quintaux par mois. La société „La Vieille Montagne” y a extrait au total environ 40.000 quintaux, et principalement de la smithsonite, de l'hydrozincite et de l'hémimorphite. ¹⁾

Mode de présentation du minerai.

Le phénomène le plus caractéristique dans ce centre minier, est l'important développement des brucioni. Il est possible d'étudier tout à son aise ce chapeau de fer au pied du Mte. Pedroso, quand, venant du col de Dossena, nous suivons le sentier élevé qui entoure la Valle Borgo et conduit à Valpiana. Cette roche, riche en silice, est colorée en rouge par de la limonite; à certains endroits on rencontre dans des cavités de beaux cristaux de quartz, bien que de petites dimensions. Ça et là on remarque des traces du fluorine.

En général, pour y faire l'extraction, on a recours à une méthode très avantageuse; on perce le chapeau de fer, qui par endroits varie considérablement d'épaisseur, et on extrait dans des galeries les minerais de zinc suivants: de la smithsonite, de l'hydrozincite, de l'hémimorphite et de la blende. La galène et la cérusite y sont très rares. Nous avons trouvé des traces de barytine dans la partie nord-est de la concession.

Les minerais de Vaccareggio se divisent en:

A. minerais trouvés dans des cavités irrégulières.

B. minerais trouvés dans des fissures presque verticales.

A. Le minerai extrait des cavités est en général spongieux et de forme stalactitique. Nous avons à Vaccareggio très peu de ces minerais compacts ou laminaires que l'on rencontre p. ex. dans les mines de zinc voisines de Dossena ou de Oltre il Colle.

B. Le minerai extrait des fissures verticales mérite toute notre attention. Contre toute attente nous ne trouvons pas ici le minerai comme remplissage filonien, mais bien en blocs irréguliers d'un poids parfois considérable (les blocs de 100 dm³. n'y sont pas rares).

D'un autre côté il existe cependant aussi des fissures semblables contenant des détritiques de roches carniennes et ladiniennes. Pendant notre séjour nous n'avons pu malheureusement avoir accès à ces fissures stériles; de ce fait nous ne pouvons affirmer de façon absolue si l'on peut attacher créance ou non à l'hypothèse que dans les deux cas nous avons affaire à une brèche de friction.

La roche dans laquelle se trouvent les gisements métallifères, ressemble plus, quant à sa couleur et sa composition, au calcaire ladinien inférieur, qu'au calcaire métallifère caractéristique que l'on rencontre p. ex. à Capo Paglio. Nous pouvons cependant dire, croyons-nous, qu'il s'agit plutôt ici de calcaire d'Esino inférieur, opinion qui nous fut confirmée par notre

¹⁾ Au moment de mettre sous presse, nous apprenons que toutes les exploitations de „La Vieille Montagne” dans cette région ont été provisoirement suspendues.

découverte dans le „calcaire métallifère”, de moules internes et de fragments de gastéropodes du genre *Chemnitzia*.

A notre avis il est bien possible que les minerais tels que nous les rencontrons actuellement à l'état spongieux et stalactitique proviennent par dissolution des couches métallifères qui autrefois reposaient sur les couches où l'on trouve maintenant les minerais. Le calcaire métallifère primaire doit alors avoir été transporté par suite de l'érosion. Si cette hypothèse se vérifie nous pouvons tirer la conclusion suivante: si, sur la concession de Vaccareggio le minerai se trouve dans le calcaire ladinien, celui-ci est au vrai sens du mot un calcaire métallifère. Qu'on n'aille point cependant croire que nous employons ce terme dans le sens que lui a donné PORRO, à savoir que le calcaire métallifère est le calcaire du Ladinien supérieur dont la position stratigraphique est déterminée d'un côté par le calcaire rouge et d'un autre côté par le Plattenkalk du Carnien inférieur.

V. Les mines des *Mte. Ortighera* et *Mte. Musso*.

La „Vieille Montagne” obtint en 1894 concession pour l'extraction de minerais de zinc. Pendant les années 1894 à 1909 on y travailla irrégulièrement. De 1909 à 1925 les travaux furent abandonnés, puis repris en 1925. En 1928 on ferma de nouveau par suite de production insuffisante. Ces mines ne furent jamais bien importantes. Pendant la première période d'exploitation la production totale s'éleva à environ 900 quintaux de minerai, principalement de la smithsonite et de l'hémimorphite. Pendant les années 1925 à 1928 on y a extrait environ 100 quintaux.

La présence de barytine des deux côtés du Passo dell'Ortighera est remarquable du point de vue géologique. La barytine a remplacé le calcaire métasomatiquement et de façon irrégulière. Pendant que cette substitution s'effectuait, le calcaire s'enrichissait fortement de SiO_2 .

Comme nous le disions dans le chapitre sur la géologie tectonique, la contrée du Passo dell'Ortighera a été fortement disloquée par des décrochements horizontaux. C'est pour cela que nous croyons que des solutions contenant du barium et du silice sont montées le long des plans des failles et ont métasomatiquement remplacé le calcaire. A notre avis il n'est pas douteux que la barytine, tout comme la blende, soit un minerai hydrothermal.

Pendant quelque temps, de l'été 1925 à fin de 1926, sous la direction de Cav. BONETTI, on y a extrait de la barytine. Cependant par suite de l'infime rendement de ce minerai, les travaux ont dû être abandonnés.

Une nouvelle question se pose: la barytine et les minerais de zinc étaient-ils en rapport génétique les uns avec les autres, c. à. d., les solutions qui déposaient les minerais de zinc contenaient-elles de la barytine? Impossible de donner une réponse décisive à cette question. Néanmoins il nous est permis de dire qu'on ne trouve la barytine que dans des zones disloquées (*Mte. Ortighera-Vaccareggio*) et, par ailleurs il n'y a pas de barytine dans les centres miniers dont nous venons de traiter. D'où nous pouvons dire, nous semble-t-il, que les deux périodes de formation de minerai ont été séparées par un intervalle de temps.

D. Genèse des minerais.

Les minerais de zinc et de plomb de la „zona mineraria zincifera” de Lombardie (d'après une publication de BERTOLIO en 1897 dans la „Rivista del servizio minerario”) doivent leur origine à des solutions qui auraient monté dans le calcaire ladinien supérieur et dans les dépôts sédimentaires inférieurs du Carnien, alors que ceux-ci étaient encore en sédimentation. BERTOLIO considère ces minerais comme d'origine syngénétique. Il a basé son opinion sur le fait que généralement on rencontre la blende imprégnée dans le calcaire.

KRUSCH, POSEPNY, de leur côté, pensent que la plupart des minerais métasomatiques de zinc et de plomb sont d'origine épigénétique.

L'argument de BERTOLIO n'est pas, à notre avis, suffisant pour prouver le caractère syngénétique; nous savons en effet que le CaCO_3 , même à l'état solide, peut être remplacé facilement par des minerais au moyen de solutions métallifères. Cependant nous abonderions dans le sens de BERTOLIO, si les gisements de blende s'étaient toujours développés parallèlement au plan de stratification. Mais comme cela n'est qu'exceptionnel et que l'on ne rencontre la blende qu'en amas lenticulaires et comme gîtes filoniens, nous ne pouvons pas accepter la théorie de la syngénèse.

Nous sommes donc d'avis que les minerais de zinc et de plomb se formèrent plus tard que la roche sédimentaire dans laquelle on les rencontre, c. à d. que les minerais sont d'origine épigénétique.

Nous sommes certains que la blende est le minerai primaire de zinc, dont sont sortis, par un processus d'oxydation et de transformation, les minerais secondaires du groupe de la calamine; nous allons maintenant traiter les différents processus qui ont provoqué la formation des minerais secondaires. Nous partirons donc de la blende considérée comme minerai primaire. Les minerais secondaires sont:

la smithsonite
l'hydrozincite
l'hémimorphite.

Pour expliquer la naissance de ces minerais, on doit se rendre compte qu'à un certain moment la nappe aquifère est entrée en contact avec l'amas de minerai primaire, c. à d. la blende. De plus nous savons que l'eau souterraine contient beaucoup de matières en dissolution, de l'oxygène, de l'acide carbonique et peut-être aussi de l'acide sulfurique, qui ont une grande importance dans le processus d'oxydation.

Sous l'action de l'oxygène, l'indissoluble sulfure de zinc s'oxyde et il se forme alors du sulfate de zinc qui, lui, est facilement soluble.

Nous avons alors:



D'un autre côté, d'après LINDGREN (28), la transformation de ZnS en ZnSO_4 sous l'influence de sulfate de fer est un phénomène fréquent, très important. Nous avons la réaction suivante:

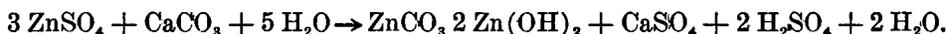


Le $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ provient probablement de l'oxydation de pyrite. Dans la zone d'oxydation on pourrait donc s'attendre à la présence de FeSO_4 . Par sa grande solubilité le sulfate de fer se dissout et aura été transporté par l'eau souterraine ou par un autre moyen. Cependant nous considérons l'action du $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ infime, parce qu'on ne trouve dans le minerai primaire que des traces de pyrite.

Quand du sulfate de zinc se sera formé, il entrera en réaction avec le calcaire encaissant, comme suit :



D'après les recherches de LODIN (29) il appert que cette réaction a lieu probablement en deux temps et à peu près comme suit :



Comme premier produit nous avons donc $\text{ZnCO}_3 \cdot 2 \text{Zn}(\text{OH})_2$, l'**hydrozincite**, qui en présence de CO_2 (qui se trouve certainement dans l'eau souterraine du terrain relevé) se décompose, comme suit :



et il se forme alors de la **smithsonite**.

Deux possibilités ont pu se présenter pendant ces réactions :

- a. La solution de ZnSO_4 ne fut **pas transportée**, de sorte que le remplacement du SO_4 par le CO_3 se fit également sur place.
- b. La solution de ZnSO_4 fut **transportée** et occasionna, autre part, la formation de smithsonite.

Les réactions ci-dessus produisent également du CaSO_4 . Comme les transformations se sont produites dans un milieu aqueux, on pourrait s'attendre à la formation de gypse. Ceci concorde avec nos observations; nous avons rencontré très souvent du gypse dans les gîtes métallifères, quoique en petites quantités.

l'Hémimorphite. Le silicate de zinc, l'hémimorphite est moins commun que le carbonate. Ce minéral est peut-être le produit de la double transformation du ZnSO_4 aq. au contact de solutions contenant du SiO_2 . Il est possible que cette réaction se passe comme suit :



L'acide sulfurique ainsi formé peut, d'autre part, transformer de la blende en sulfate de zinc soluble, de sorte que ces réactions peuvent se continuer facilement.

D'après SAVOIA (43) il est également possible que l'hémimorphite doive son origine à l'action de solutions riche en silice avec de la smithsonite déjà formée. La réaction suivrait alors à peu près le processus suivant :



De quelle provenance est le SiO_2 qui a aidé à la formation de l'hémimorphite? Nous supposons que ce SiO_2 provient en partie des couches

supérieures du calcaire métallifère. En effet, en examinant au microscope des minces lames des bancs de calcaire supérieurs nous nous sommes aperçus que ceux-ci avaient une teneur relativement grande en quartz. Mais, comme à notre avis, la teneur en quartz de ces bancs de calcaire n'est pas suffisante pour former toute l'hémimorphite, il est bien possible qu'une autre roche ait fourni le SiO_2 nécessaire. Les bancs de lydienne, les dépôts les plus récents du Ladinien ont peut-être joué un rôle dans la formation de l'hémimorphite.

Comme nous l'avons déjà dit dans le chapitre sur la stratigraphie, nous considérons les bancs de lydienne comme des bancs de calcaire silicifiés. Cette silicification a du être complète; en effet, nous ne trouvons point de restes de calcaire dans cette roche. La présence de fluorine dans la lydienne nous porte même à croire qu'il y a un rapport génétique entre la silicification et la formation de fluorine. Il est même probable que des solutions contenant du SiO_2 ont monté le long de fissures et ont silicifié les bancs supérieurs de calcaire. Ces solutions ascendantes contenaient probablement des émanations de fluor qui transformèrent par endroits le CaCO_3 en fluorine; ceci pour autant qu'il n'eut pas encore été transformé en lydienne.

Si maintenant le processus a été celui que nous décrivons ci-dessus, l'origine de l'hémimorphite s'expliquerait par l'action sur la blende et la smithsonite, de SiO_2 en solution.

D'un autre côté, il est également possible que par suite d'eau descendante, du SiO_2 ait été enlevé à la lydienne; cette solution descendante serait peut-être entrée en réaction avec de la smithsonite déjà formée par le processus décrit ci-dessus, et aurait formé ainsi de l'hémimorphite.

Fait à remarquer: les minerais se trouvent seulement dans les 50 à 60 mètres supérieurs de la série de calcaires ladinien, série qui atteint une épaisseur d'environ 1000 mètres. Comment expliquer ce phénomène?

Comme on a pu le voir dans l'échelle stratigraphique, les calcaires du Ladinien sont recouverts par les dépôts sédimentaires du Carnien inférieur. Ceux-ci se composent surtout de marnes et de calcaires marneux, donc en général de sédiments quasi imperméables; aussi les solutions montant le long des fissures dans les calcaires inférieurs, rencontrèrent-elles les couches imperméables du Carnien inférieur. A ce niveau stratigraphique, nous eûmes alors d'une part accumulation de minerai en solution, accumulation dont le résultat fut la substitution métasomatique du CaCO_3 par du ZnS . D'autre part ce même niveau amena les solutions à se propager latéralement. Une seule fissure nourricière fut capable d'occasionner une surface de minéralisation de dimensions considérables.

Semblable phénomène a été souvent observé dans le district de Leadville au Colorado (30). On y trouve les minerais dans un calcaire immédiatement recouvert par des nappes de porphyre, qui très probablement ont fait fonction de couverture imperméable.

Nouvelle et dernière question très importante: Quelle est l'origine des solutions qui occasionnèrent la substitution métasomatique de la blende dans le calcaire?

LINDGREN (28) dit que beaucoup de minerais métasomatiques de plomb et de zinc proviennent d'eau ascendante, ayant entraîné en les dissolvant le zinc et le plomb à l'état extrêmement divisé, du sous-sol.

Il en est venu à cette hypothèse parce que beaucoup de sources thermales dans semblables zones minières ont une teneur variable en zinc. Dans la zone que nous avons explorée il n'y a point de sources thermales, et par conséquent nous n'avons pu vérifier la véracité de ce dire. (Les sources de San Pellegrino sont bien des sources thermales, mais elles surgissent dans les dolomies du Norien. L'absence de Zn dans cette eau minérale est donc très explicable).

BERTOLIO, de son côté, pense que ces solutions proviennent d'une porphyrite, sans toutefois entendre par là les roches éruptives que l'on rencontre dans les terrains situés plus au nord (22, 53). Comme PORRO l'indique sur sa carte géologique des Alpes Bergamasques nous trouvons des filons de porphyrite aux environs de Premolo et dans la zone du Mte. Presolana (Val Seriana). Ces filons qui coupent les couches carniennes remontent visiblement à un magma plus récent; et comme on considère actuellement les masses intrusives du Mte. Disgrazia et de l'Adamello comme ayant l'âge tertiaire, il est bien possible que les porphyrites en question soient du même âge. Cependant, pour établir l'âge exact de ces dernières et le rôle que ce magma a peut-être joué dans la genèse du minerai, il faudrait que d'autres études détaillées viennent nous éclairer à ce sujet.

Nous terminerons ce chapitre par un résumé succinct des processus chimiques dont nous venons de traiter.

Zone d'oxydation.

Oxydation de la blende par de l'eau contenant de l'O₂.

Oxydation éventuelle de la blende par Fe₂(SO₄)₃, résultant d'oxydation de pyrite.

Transformation en hydrozincite et en smithsonite du ZnSO₄ aq. en contact avec du calcaire.

Transformation du ZnCO₃, au moyen de SiO₂ en solution, en hémimorphite.

(En second lieu: oxydation de galène en cérusite, après formation éventuelle d'anglésite).

Minéraux caractéristiques: Smithsonite.
Hydrozincite.
Hémimorphite.
Cérusite.

Zone de cémentation.

Le minerai s'accumule par le fait qu'il se dissout dans la zone d'oxydation et est ensuite déposé par l'eau descendante dans la zone de cémentation.

Pas de minéraux caractéristiques.

Présence de: Smithsonite Cérusite.
Hydrozincite.
Hémimorphite.
Blende Galène.

Zone du minerai primaire.

La caractéristique de cette zone est la présence de blende et de galène pures.

VII. ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS L'OUVRAGE.

Bl = blende.

Fr = fluorine.

Ma = magnétite.

Or = orthose.

Pl = plagioclase.

Qu = quartz.

Hau. = v. Hauer.

Klipst. = Klipstein.

Mar. = Mariani.

Mer. = Merian.

v. Mojs. = v. Mojsisovics

Münst. = Münster.

Schafh. = Schafhausen.

Schloth. = Schlotheim.

Stop. = Stoppani.

Wissm. = Wissmann.

VIII. BIBLIOGRAPHIE.

1. E. W. BENECKE. Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grigna Gebirges. N. Jahrb. f. Min. etc., Bd. 1, 1884.
2. BERTOLIO. Rivista del servizio minerario. 1897.
3. BEYSCHLAG, KRUSCH und VOGT. Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Bd. II, 1921.
4. A. BITTNER. Brachiopoden der Alpenen Trias. Abh. der K. K. Geol. Reichsanst., Bd. XVII, 1892.
5. A. BITTNER. Lamellibranchiaten der Alpenen Trias. Abh. der K. K. Geol. Reichsanst., Bd. XVIII, 1895.
6. F. BROILL. Die Fauna der Pachycardientuffe der Seiser Alp.
7. L. VON BUCH. Sur l'existence du Muschelkalk dans les Alpes de la Lombardie et sur une Trigonina qui paraît le caractériser. Bull. de la Soc. Géol. de France, 1845.
8. G. B. CACCIAMALI. Morfogenesi delle Prealpi lombarde. 1930.
9. E. CAFFI. Cronologia geologica delle Valli Bergamaschi. 1923.
10. J. COSIJN. De Geologie van de Valli di Olmo al Brembo. Leidsche Geol. Mededeelingen. Deel II, 1923.
11. G. CURIONI. Geologia applicata della provincia Lombarde. Prem. d. congr. intern. geogr. di Parigi, 1875.
12. W. DEECKE. Beiträge zur Kenntniss der Raibler Schichten in den Lombardischen Alpen. N. Jahrb. f. Min. etc., 1885.
13. W. DEECKE. Ueber Zweischaler. id. 1913.
14. W. DEECKE. Ueber Gastropoden. id. 1916.
15. A. DESIO. Fauna triassiche e giurassiche delle Alpi Giulie Occidentale. Giorn. di Geologia, 1927.
16. C. DIENER. Fossilium Catalogus, pars 19. Lamellibranchiata triadica, 1923; pars 34. Glossophora triadica, 1926.
17. E. FRECH. Lethaea geognostica. II Teil. Das Mesozoikum. 1903—1908.
18. G. GEYER. Ueber die Kalk-Alpen zwischen dem Almtal und dem Fraungebiet. Verh. der K. K. Geol. Reichsanst., 1911—1912.
19. M. GORDON. Das Grödener, Fassa und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten. Abh. der Geol. Bundesanst., bd. XXIV, 1927.
20. G. GÜRICH. Leitfossilien der Trias. 1925.
21. R. HERMANN. Tutenmergel und Nagelkalk. Leopoldina VI, 1930. (Walther Festschrift).
22. W. J. JONG. Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina. Leidsche Geol. Mededeel. III, 1928.
23. E. KITTL. Die Gastropoden der Eoäinokalk. Annalen der K. K. Naturk. Hofmuseum, Bd. 14, Heft 1—2. Wien, 1889.
24. E. KITTL. Die triadischen Gastropoden der Marmolata und verwandter Fundstellen in den weissen Riffkalken Südtirols. Jahrb. K. K. Geol. Reichsanstalt, Bd. XLIV. Wien, 1894.
25. E. KOKEN. Gastropoden der Hallstätter Schichten. Abh. der K. K. Geol. Reichsanstalt, Bd. 17, 1897.
26. J. DE LAPPARENT. Leçons de pétrographie. Paris, 1923.
27. G. LINCK. Tutenmergel und Nagelkalk. Chemie der Erde, 1931.

28. W. LINDGREN. Mineral Deposits, 1928.
29. A. LODIN. Origine des gîtes calaminaires. Bull. Soc. Geol. de France, tome XIX, 1891.
30. LOUGHLIN, IRVING, EMMONS. Geology and Ore deposits of the Leadville Mining District, Colorado, U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 148, 1927.
31. E. MARIANI. Contributo allo studio delle bivalvi del Calcarea di Esino di Lombardia. Milano, 1908.
32. E. VON MOJSISOVICS. Ueber einige Trias Versteinerungen aus den Süd-Alpen. Jahrb. der K. K. Geol. Reichsanstalt, 1873.
33. E. VON MOJSISOVICS. Faunengebiete und Faciesgebilde der Triasperiode in den Ost-Alpen. Jahrb. der K. K. Geol. Reichsanstalt, 1874.
34. E. VON MOJSISOVICS. Die Cephalopoden der Mediterranen Triasprovinz. Abh. der K. K. Geol. Reichsanstalt, 1882.
35. C. F. PARONA. Trattato di Geologia. Con speciale riguardo alla Geologia d'Italia. Milano, 1924.
36. C. F. PARONA. Studio monografico della Fauna Raibliana di Lombardia. Mem. prem. dal R. Instit. Lomb. 1889.
37. P. PATRINI. Il M. Pora e i suoi fossili. Riv. Ital. di Pal. Anno 31, 1925.
38. P. PATRINI. I fossili della scogliera dolomitica di Costa Pagliari presso Lenna (Valle Brembana). Riv. Ital. di Pal. Anno 33, 1927.
39. E. PHILIPPI. Aufbau der Schichtenfolge im Grignagebirge. Zeitschr. der Deutsch. Geol. Ges. 1895.
40. J. PIA. Pflanzen als Gesteinsbildner. 1926.
41. J. PIA. Neue Studien über die triadischen Siphoneae verticillatae. Beiträge zur Pal. und Geol. Oesterreich-Ungarns und des Orients. Mitt. d. Pal. und Geol. Instit. d. Univ. Wien, Bd. 25, 1912.
42. C. PORRO. Alpi Bergamasche. Note illustrative della carta Geologica e delle Sezioni. Milano, 1903.
43. U. SAVOIA. Miniere di zinco lombarde. Milano, 1911.
44. A. STOPPANI. Les pétrifications d'Esino. Milan, 1860—1865.
45. A. STOPPANI. Géologie et Paléontologie des couches à *Avicula contorta* en Lombardie. Milan, 1860—1865.
46. T. TARAMELLI. Osservazioni stratigrafiche nell'alta Valle Brembana. Rendiconti Ist. Lombardo, Fasc. 6, 1910.
47. A. TOMMASSI. I fossili della lumachella triasica di Ghegna in Val Secca presso Roncobello. Parte 1, 2. Palaeontographica Italica, 1911.
48. A. TOMMASSI. La Fauna del Calcarea conchigliare di Lombardia. Mem. prem. dal Ist. Lomb. 1894.
49. A. TOMMASSI. La Faunetta Anisica di Valsecca in Val Brembana. Rendicotti R. Ist. Lomb., Ser. 2, Vol. 44, 1913.
50. E. TRÜMPY. Beitrag zur Geologie der Grignagruppe am Comersee (Lombardei). Eclog. Geol. Helvetiae, Vol. 23, 1930.
51. L. WAAGEN. Die Lamellibranchiaten der Pachycardientuffe der Seiser Alm. Abh. der K. K. Geol. Reichsanstalt, Bd. 18, Wien 1907.
52. J. WEIGELT. Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Deutung. Leipzig, 1927.
53. J. H. L. WENNEKERS. De Geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valli di Carisole. Leidsche Geol. Mededeel. 1930.
54. S. v. WÖHRMANN. Die Fauna der s. g. Cardita und Raibler Schichten. Jahrb. der K. K. Geol. Reichsanstalt, Bd. 39, Wien 1889.
55. S. v. WÖHRMANN und E. KOKEN. Die Fauna der Raiblerschichten vom Schlern-plateau. Zeitschr. der Deutschen Geol. Gesellschaft, Heft 2, 1892.