

**DE GEOLOGIE VAN HET GEBIED TUSSCHEN
SCRIVIA EN STAFFORA,**

ten N. van de lijn: Isola Del Cantone —
Monte Giarolo — Santa Margherita Di Bobbio

DOOR

S. VAN DER HEIDE

INHOUD.

	Blz.
I. Inleiding	90 (4)
II. Historisch overzicht	94 (8)
III. Stratigrafie	98 (12)
A. Jura en Krijt	98 (12)
1. Algemeene Beschrijving	98 (12)
2. Stratigrafie en Palaeontologie	101 (15)
3. Facies	103 (17)
4. Ophiolieten en Granieten	106 (20)
B. Eoceen	109 (23)
1. Algemeene Opmerkingen	109 (23)
2. Stratigrafie en Palaeontologie	110 (24)
3. Beschrijving	112 (26)
4. Facies	115 (29)
C. Oligoceen	115 (29)
1. Algemeene Opmerkingen	115 (29)
2. Stratigrafie en Palaeontologie	116 (30)
3. Beschrijving van het Rupélien	120 (34)
4. Facies en Palaeogeografie van het Rupélien	125 (39)
5. Beschrijving van het Chattien	129 (43)
6. Facies en Palaeogeografie van het Chattien	130 (44)
7. Beschrijving van het Aquitanien	132 (46)
8. Facies en Palaeogeografie van het Aquitanien	135 (49)
D. Mioceen.	136 (50)
1. Algemeene Opmerkingen	136 (50)
2. Stratigrafie en Palaeontologie	137 (51)
3. Beschrijving van het Langhien	138 (52)
4. Facies en Palaeogeografie van het Langhien	140 (54)
5. Beschrijving van het Helvetien	142 (56)
6. Facies en Palaeogeografie van het Helvetien	144 (58)
7. Tortonien	145 (59)
8. Messinien	146 (60)
E. Plioceen en Kwartair	147 (61)
IV. Tektoniek	149 (63)
A. Korte schets van de geschiedenis van de tektonische interpretatie der Noord-Apennijnen	149 (63)

	Blz.
B. De tektoniek van het bestudeerde gebied	150 (64)
1. De Caiella-storing	150 (64)
2. De Arpeselle-overschuiving	151 (65)
3. De drie Dwarstoringen	153 (67)
4. De Fontanelle-overschuiving en de storingen in het dal van de T. Lella	153 (67)
5. De overige storingen	157 (71)
6. De orogenetische fasen	158 (72)
V. Geomorfologie	159 (73)
VI. Korte geologische synthese	162 (76)
VII. Literatuurlijst	168 (82)

TEXTFIGUREN.

	Blz.
Fig. 1: Overzichtskaartje van de ligging van het bestudeerde gebied in de Noord-Apennijnen	90 (4)
Fig. 2: Overzichtskaartje van het bestudeerde gebied en van de omgeving hiervan, met aanduiding van de bladen van de Carta d'Italia	92 (6)
Fig. 3: Argille Scagliose-terreinen in het dal van de T. Crenna. Op de achtergrond Helvetienzandsteen	99 (13)
Fig. 4: Profiel door het Boven-Eoceen van het Borberadal tusschen Rocchetta Ligure en Cabella	114 (28)
Fig. 5: Grens tusschen Rupélien en Chattien in het dal van de T. Lella nabij de samenvloeiing van Lella en Begaina	124 (38)
Fig. 6: Facies en dikte van het Rupélien	126 (40)
Fig. 7: Schets van de diepteverhoudingen in het Rupélien-bekken bij de aanvang van het Rupélien	128 (42)
Fig. 8: Grens tusschen Chattien en Aquitanien in het bekken van Varzi in de nabijheid van Nivione	131 (45)
Fig. 9: Aquitanien in het bekken van Varzi aan de oostzijde van de Poggio di Deigo	134 (48)
Fig. 10: Overzichtskaartje van de Arpeselle-overschuiving	152 (66)
Fig. 11: Profielen door het Onder-Rupélien in het gebied tusschen Poggio dell'Erta, Dernice en T. Arzola	154 (68)
Fig. 12: Fontanelle-overschuiving aan de westzijde van het Arzoladal	155 (69)
Fig. 13: Sterk ineengeplooid Onder-Rupélien in het dal van de T. Lella	156 (70)
Fig. 14: Kaartjes van de verdeeling der verschillende facies in het Rupélien, Chattien, Aquitanien, Langhien en Helvetien	164—165 (78—79)
Fig. 15: Palaeogeografisch kaartje van Italië tijdens het Plioceen (naar Sacco)	166 (80)

BETEEKENIS DER AFKORTINGEN.

N	= noord
E	= oost
S	= zuid
W	= west (op de Italiaansche kaarten wordt hiervoor O gebruikt.)
M.	= monte (berg)
T.	= torrente (bergstroom)
R.	= rio (beek)
Bc.	= brie (heuvel)
Pso.	= passo (pas)
Fsso.	= fosso (kleine beek)
C.	= cascina (boerderij)
Csta.	= costa (heuvelkam)
Pgio.	= poggio (heuvel)

I. INLEIDING.

Het onderzochte gebied ligt in het westelijk gedeelte der Noord-Apennijnen, die zich van de omstreken van Genua in het W tot de Monte Falterona in Toscane in het E uitstrekken. De naam van Ligurische Apennijnen, die vooral door niet-Italianen aan dit gebergte wordt gegeven, is minder verkieselijk, aangezien tot de Ligurische Apennijnen vaak ook het gebergte ten W van Genua wordt gerekend, dat volgens STILLE, KOBER, e. a. reeds tot de Alpen behoort, volgens

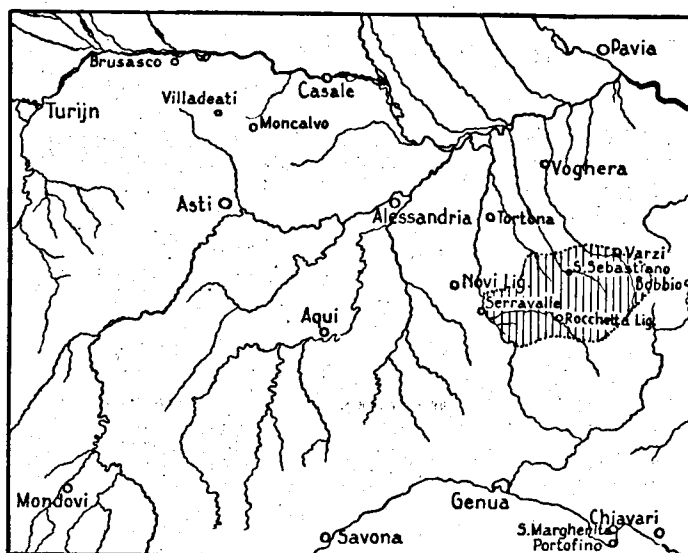


Fig. 1.

Overzichtskaartje van de ligging van het bestudeerde gebied in de Noord-Apennijnen.

STAUB e. a. daarentegen een overgangszone vertegenwoordigt tussen Alpen en Apennijnen, maar dat in ieder geval in bouw zoo sterk afwijkt van de overige Apennijnenketen, dat het juist is de westgrens der Apennijnen ten N van Genua te trekken (fig. 1).

Zooals in de titel aangegeven, worden west- en oostgrens van het gebied respectievelijk gevormd door de dalen van de Serivia en de Staffora; noord- en zuidgrens zijn onregelmatig, respectievelijk volgen

zij ongeveer volgende lijnen: Cassano — Avolasca — Ponte Nizza en Isola del Cantone — Monte Giarolo — S. Margherita di Bobbio.

Het bestudeerde gebied valt vrijwel geheel in de provincie Alessandria, welke deel uitmaakt van de landstreek Piemonte; slechts een klein stuk in het SW ligt in de provincie Genua, een gedeelte in het NE behoort tot de provincie Pavia. Van dit gebied werd slechts dat gedeelte geologisch in kaart gebracht, dat samenvalt met de bladen 71 III NO, 71 III NE, en 71 III SO van de Carta d'Italia (1:25.000) (fig. 2).

In het SE en direct ten SE van het gebied bereikt het gebergte hoogten van 1500 m en meer (M. Giarolo 1473 m, M. Ebro 1699 m, M. Chiappo 1699 m, M. Lesima 1724 m). Dit hooge gedeelte, dat uitsluitend uit eocene mergelkalken bestaat, behoort tot de eigenlijke Apennijnen. Het lagere bergland, dat zich ten W, ten NW en ten N ervan uitstrekt, en dat vrijwel geheel uit jongere sedimenten is opgebouwd, wordt vaak met de naam „subapennijnische heuvels” aangeduid. Het geheele gebied wordt ontwaterd door 4 riviersystemen; van W naar E: T. Scrivia (met T. Spinti en T. Borbera), T. Gruc, T. Curone en T. Stáffora.

Zooals reeds opgemerkt bestaat het SE van het gebied uit eocene mergelkalken, deze zijn ook ten S van het gebied ontwikkeld; ten E ervan vinden we behalve Eoceen eenig Mesozoicum. In het noordoostelijk deel scheidt de E—W loopende Caiellastoring het synclinale bekken van Varzi van het z.g. Paveesche bekken. Ten N van de Caiellastoring komt een strook Mesozoicum aan de oppervlakte. Ten N van dit deel van het gebied vinden wij lager heuvelland, dat over het algemeen uit midden- en jong-tertiaire sedimenten is opgebouwd. Op sommige plaatsen treden nog mesozoische formaties aan den dag. Tenslotte vormt het westelijk gedeelte van het gebied het uiterste oosteinde van de zeer regelmatige zuidrand van het groote tertiaire bekken van Piemonte.

Een ieder, die ooit een blik geslagen heeft in de uitgebreide literatuur over de Noord-Apennijnen, zal het duidelijk zijn, dat hier talloze onopgeloste en onvoldoend onderzochte problemen te vinden zijn, die een détailkarteering op groote schaal vereischen. Het is dus geenszins verwonderlijk, dat de Leidsche geologen, toen het systematisch onderzoek van de Bergamasker Alpen zijn einde begon te naderen, hun blikken richtten naar dit groote, eveneens in het gastvrije Italië gelegen gebied.

Als eerste Leidsche geoloog onderzocht ENGELBERTS een gebied ten SE van Bologna, d.w.z. aan de oostzijde der Noord-Apennijnen. Dit onderzoek is in de laatste jaren voortgezet door BRUEREN. Aan de westzijde der Noord-Apennijnen leek het verstandig het onderzoek te beginnen in de Turijsche heuvels, die in zekere zin een westelijke voortzetting der Noord-Apennijnen vormen. Het westelijk deel van deze heuvels werd door BEETS onderzocht. In 1937 begon ik met het onderzoek van het oostelijk gedeelte. Daar de oostelijke heuvels veel sterker gecultiveerd en bovendien aanzienlijk lager zijn dan de westelijke, bleek een volledige détailkarteering zonder mechanische hulp-

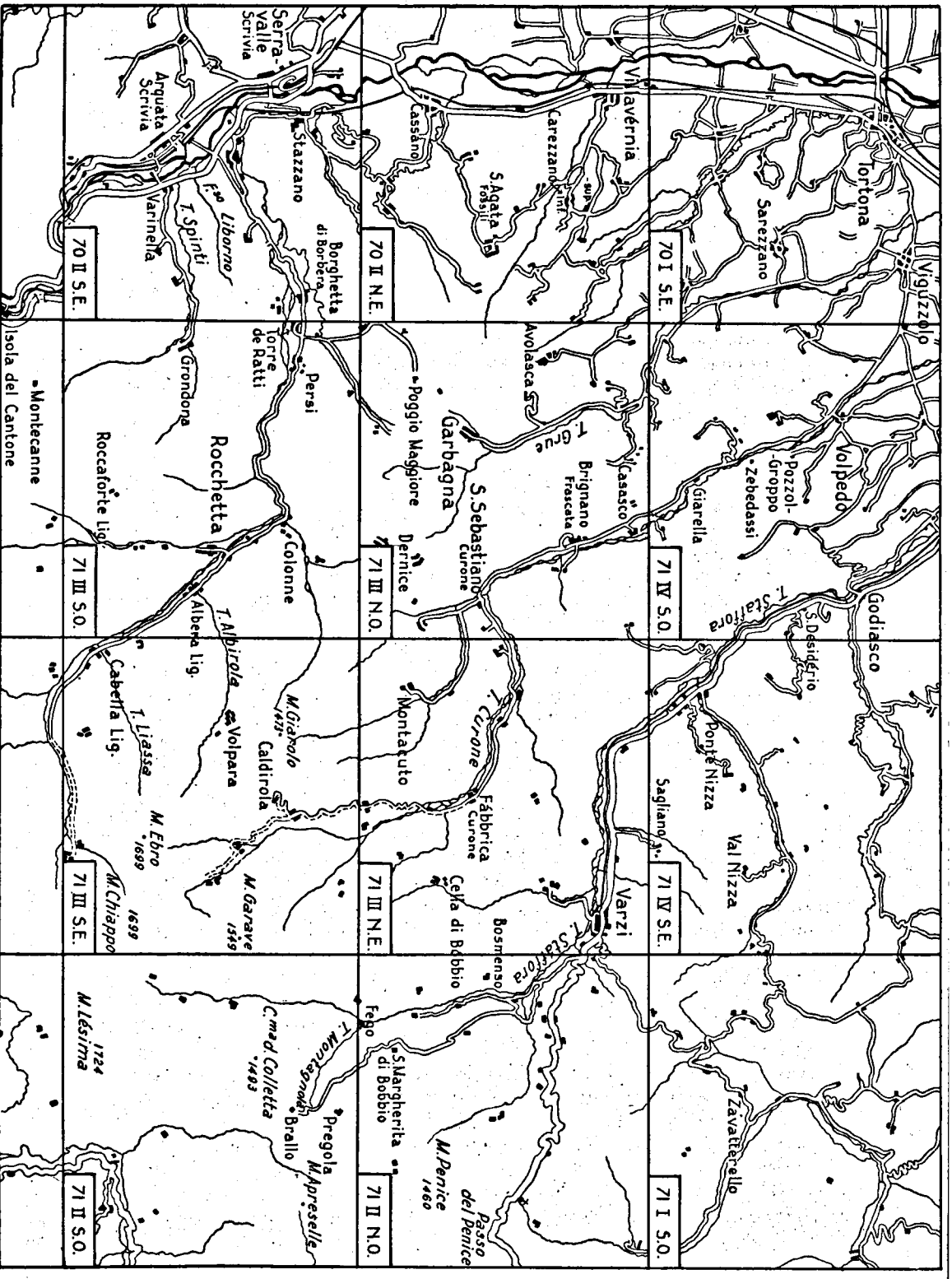


Fig. 2.
 Overzichtskartje van het bestudeerde gebied en van de omgeving hiervan, met aanduiding van de bladen van de Carta d'Italia (hierin is O = west).

middelen niet mogelijk. In Juni 1938 werd daarom het werk zoo goed mogelijk tot een voorloopig einde gebracht, waarna met het onderzoek der Apennijnen bij Varzi begonnen werd. In de zomer van 1938 werkte ik voornamelijk in het noordoostelijk deel van het gebied, d.w.z. tusschen Varzi en San Sebastiano Curone. In de zomer van 1939 werd het onderzoek vanuit Serravalle, Garbagna en San Sebastiano in het westelijk deel voortgezet. Aan het einde van deze zomer was ik reeds met de karteering van het groote eocene mergelkalkgebied in het SE (blad 71 III SE van de Carta d'Italia) begonnen. Dit goed ontsloten, gecompliceerde, zeer interessante gebied trok mij ten zeerste aan. Het uitbreken van de oorlog maakte echter de voortzetting van het werk in de herfst van 1939 en in 1940 onmogelijk. Een hoeveelheid gesteentenmonsters en fossielen was in Serravalle achtergelaten: deze gegevens stonden mij bij de uitwerking dus niet meer ter beschikking.

Aan het slot van deze inleiding wil ik Dr. L. U. DE SITTER ten zeerste danken voor zijn hulp en voor de vele raadgevingen, die hij mij zoowel in het veld als tijdens het uitwerken van de gegevens in Leiden heeft gegeven.

Mej. C. P. J. ROEST ben ik zeer erkentelijk voor de keurige wijze, waarop zij kaart, profielen en textfiguren heeft geteekend.

Tenslotte dank ik de bewoners van de verschillende dorpen, van waaruit het onderzoek plaats vond, voor de groote gastvrijheid, die ik, vaak in het gewaardeerde gezelschap van Leidse medestudenten, bij hen heb genoten.

II. HISTORISCH OVERZICHT.

Het tertiaire bekken van Piemonte heeft reeds vroeg de belangstelling van wetenschappelijke onderzoekers tot zich getrokken. Vóór 1840 waren reeds verschillende artikelen over dit gebied verschenen. Het zijn in deze tijd vooral de fossielen, die de grootste aantrekkingskracht op de onderzoekers uitgeoefend hebben. De geheele negentiende eeuw door zien wij een ononderbroken reeks werken verschijnen over de palaeontologie van dit fossielrijke bekken. Het is verwonderlijk, dat naast deze groote hoeveelheid palaeontologische werken slechts enkele, niet zeer diepgaande studies over de algemeene geologie van Piemonte verschijnen. SISMONDA is de eerste geweest, die zich behalve met de palaeontologie ook met de geologie heeft beziggehouden. Hij publiceerde in 1844 een globale, geologische kaart van Piemonte en Ligurië op een zeer kleine schaal. Deze kaart werd in 1853 en in 1862 in weinig gewijzigde vorm nogmaals uitgegeven. Een meer gedetailleerde, stratigrafische indeeling wordt in 1858 en in 1865 door MAYER-EYMAR en PARETO gegeven. De oorspronkelijke indeeling van MAYER-EYMAR wordt ook thans nog, slechts weinig veranderd, gebruikt. Naast de genoemde, meer geologisch georiënteerde onderzoekers moeten voorts MICHELOTTI en TARAMELLI genoemd worden. De laatste heeft zich vooral met de geologische bestudeering van het „Paveesche” bekken beziggehouden. Hij publiceerde in 1883 een geologische beschrijving van de provincie Pavia met een geologische kaart. Dit werk, dat in boekvorm uitgegeven werd, en dat ongetwijfeld van belang is voor de geschiedenis van het geologisch onderzoek van het door mij bestudeerde gebied, is voorzoover mij bekend is, in Nederland nergens aanwezig. TARAMELLI is voorts één van de eerste onderzoekers van de ophiolieten en de granieten van de Argille Scagliose-formatie.

In 1884 treedt een nieuwe phase in het geologisch onderzoek van het tertiaire bekken van Piemonte in. De eerste artikelen van FEDERICO SACCO, Professore di Paleontologia e Libero Docente di Geologia aan de universiteit van Turijn, over geologie en stratigrafie van Piemonte verschijnen. Het systematische onderzoek van het geheele, groote gebied is hiermee begonnen. Ieder, die de geologische literatuur over Piemonte doorleest, zal verbaasd staan over de omvang van het werk, dat SACCO vooral in de eerste jaren van zijn wetenschappelijke loopbaan heeft verricht. Enkele getallen mogen dit toelichten: alléén over geologie en palaeontologie van het bekken van Piemonte publiceert SACCO in 1885 7 artikelen, in 1886 11 artikelen benevens 2 détailkaarten (1:25 000), in 1887 12 artikelen benevens 15 détailkaarten (1:25 000). In 1888

en 1889 vat hij het werk samen in een monografie over het Bacino terziario di Piemonte. Dit werk wordt in een aantal tijdschrift-artikelen gepubliceerd, daarna, in 1889, verschijnt het in uitgebreider vorm als boek, getiteld „Il Bacino terziario e quaternario del Piemonte”. In dit boek geeft SACCO een zeer volledige literatuurlijst van alle artikelen en boeken, die tot 1889 verschenen zijn over of in verband met de geologie van het Piemonteese bekken. Deze lijst omvat 519 werken. Daarna volgt een geologische beschrijving van het Tertiair van het bekken, die 568 pagina's beslaat. Vervolgens een beschrijving van 67 bladzijden van het Kwartair, waarna een lijst van fossielen uit het Tertiair van het bekken volgt, die niet minder dan 5472 soorten bevat; 41 pagina's over toegepaste geologie in het betreffende gebied beëindigen dit prachtige werk. Bij deze studie liet SACCO een geologische kaart op schaal 1:100 000 van het Tertiair en één op schaal 1:500 000 van het Kwartair van het bekken verschijnen. De kaart van het Tertiair, welke samengesteld werd uit een aantal détailkaarten, die SACCO op verschillende punten van het gebied in de voorafgaande jaren had opgenomen, heeft de grondslag gevormd voor de later verschenen geologische kaarten (1:100 000) van de Italiaansche geologische dienst, die slechts in enkele opzichten van de oorspronkelijke kaart afwijken.

Ook na 1889 verschijnen nog eenige artikelen van SACCO over het bekken van Piemonte, maar het is nu de raadselachtige formatie der Argille Scagliose, die in en buiten het Piemonteese gebied zijn aandacht trekt. In de strijd over de ouderdom van deze formatie kiest SACCO partij voor het reeds vrijwel geheel verlaten standpunt, volgens welk de Argille Scagliose-formatie een cretaceische ouderdom bezit. In een lange reeks publicaties verdedigt hij dit standpunt eenige tientallen jaren tegen de algemeen heerschende opvatting, volgens welke de formatie Eoceen is. In het begin van deze eeuw scharen eenige buitenlandsche onderzoekers zich aan zijn zijde. Het duurt echter tot 1930, voordat de meening van de overige Italiaansche geologen begint te zwichten voor de overtuigende bewijzen, waarmee SACCO zijn standpunt verdedigt.

Voor de geschiedenis van het geologisch onderzoek in het door mij bestudeerde gebied is de strijd om de ouderdom der Argille Scagliose slechts van ondergeschikt belang. Het aantal geologische werken, dat over dit gebied verschenen is, is betrekkelijk klein.

Het werk van MARIANI, in 1887, over het gebied tusschen Scrivia en Stáffora behandelt voornamelijk fossielrijke afzettingen ten NW en ten N van ons gebied. SACCO's studie over het tertiaire bekken van Piemonte strekt zich slechts uit tot het westelijk deel van het bestudeerde gebied. Belangrijker is in dit opzicht het artikel, dat SACCO in 1889 publiceerde, over de „Conca terziaria di Varzi — San Sebastiano”, waarin hij vooral de stratigrafie van het bekken ten SW van Varzi behandelt.

Na 1889 is er geen geologisch werk over dit gebied meer verschenen. Alleen enkele plaatsen van het oostelijke, niet in kaart gebrachte gedeelte van het gebied werden tamelijk oppervlakkig onderzocht door eenige geologen, die bewijzen trachtten te vinden

voor de theorieën van STEINMANN e. a. over dekbladenbouw in de Noord-Apennijnen.

Voorts moeten in verband met de geschiedenis van het geologisch onderzoek van het bestudeerde gebied ROVERETO en LUDWIG genoemd worden, die respectievelijk de aangrenzende gebieden ten E en ten SE van ons gebied onderzochten. Deze onderzoeken zijn echter nog zeer onvolledig.

Ik eindig dit Historisch Overzicht met de wensch, dat het onderzoek, dat in dit gedeelte van de Noord-Apennijnen aangevangen is, spoedig voortgezet zal worden. Het schijnt mij toe, dat het door mij bestudeerde gebied een gemakkelijk uitgangspunt vormt voor onderzoek in zuidelijke en zuidwestelijke richting in het ingewikkelde gebied ten N van Genua, waar volgens bepaalde onderzoekers de grens tusschen Alpen en Apennijnen moet liggen, en in oostelijke en zuidoostelijke richting in een gebied, waar een gecompliceerde tektoniek aanleiding heeft gegeven tot niet minder gecompliceerde theorieën omtrent de bouw der Noord-Apennijnen.

STRATIGRAFISCHE TABEL.

	Algemeene indeeling		Noord- Apennijnen	
KWARTAIR	Holoceen	Holoceen	Holoceen	
	Pleistoceen	Pleistoceen	Pleistoceen	
TERTIAIR	Pliocceen	Villafranchien	Villafranchien	
		Astien	Astien	
		Plaisancien	Plaisancien	
		Pontien	Messinien	
	Mioceen	Vindobonien	Tortonien	
		Burdigalien	Langhien	
		Aquitaniën	Aquitaniën	
	Oligoceen	Chattien	Chattien	
		Rupélien	Rupélien	
		Tongrien		
		Eocene		Pagliari-serie
	MESOZOICUM	Krijt		Museglia-serie
		Jura		Curone-serie
		Trias		Lesima-serie
			Argille Scagliose	

II. STRATIGRAFIE.

A. Jura en Krijt.

1. Algemeene Beschrijving.

In het NE van het gebied treden in het E—W verloopende deel van het Stáfforadal sterk ineengeplooid, kleiige lagen op, die de bekende naam van Argille Scagliose dragen. Ook in het hoogere gedeelte van het Stáfforadal, en in het Montagnola-dal, welke dalen in SE—NW richting direct ten E van het in kaart gebrachte gebied liggen, ontmoeten wij deze veel omstreden formatie. Deze mesozoische kleien, welke BIANCONI in 1840 de naam van Argille Scagliose gaf, komen in de Noord-Apennijnen veelvuldig voor. Zij treden meest als gekneede en gestuwde, veelkleurige kleien op, die in tijden van droogte polygonaal barsten en splijten. Aan deze laatste eigenschap hebben de „argille scagliose”, d.w.z. „schilferige kleien”, hun naam te danken. De groote en kleine afschuivingen, waartoe deze verbrokkeling na regenval aanleiding kan geven, en de vrijwel absolute onvruchtbaarheid van de kleien geven groote deelen der Noord-Apennijnen een desolaat aanzien (zie fig. 3).

Naast de Argille Scagliose s.s. treden echter aan de Tyrreense zijde van het westelijk deel der Noord-Apennijnen de z.g. Argilloscisti op. SACCO is de eerste geweest, die in 1891 op de overeenkomst van de meer schisteuze, donkerder gekleurde Argilloscisti met de Argille Scagliose heeft gewezen. Deze overeenkomst is gekenmerkt door de volgende feiten: in beide formaties komen dezelfde, talrijke, vreemde insluitsels voor; hoewel de formaties fossielarm zijn, werden in beide dezelfde, cretaceische fossielen gevonden; zoowel de Argille Scagliose als de Argilloscisti zijn buitengemeen sterk ineengeplooid; bij de bouw van tunnels gedroegen op een bepaalde diepte zoowel Argille Scagliose (in de tunnel van de lijn Bologna—Florence), als de Argilloscisti (in de tunnel onder de Colle dei Giovi ten N van Genua) zich als een plastische massa, die onder ontwikkeling van enorme druk de tunnels inperste. De overeenkomst wordt thans door vrijwel alle Italiaansche en buitenlandsche geologen erkend.

Behalve als Argille Scagliose en Argilloscisti komen de mesozoische kleien voor als z.g. Galestri. Dit zijn kleischalies, die glimmerrijker en sterker verkit zijn dan de Argille Scagliose, doch overigens alle eigenschappen ermee gemeen hebben. Zij zijn duidelijk ontsloten op de Brallo-pas (ten SE van het gebied), en komen verder ten S van het gebied voor.

Het verschil tusschen Argille Scagliose en Argilloscisti is volgens SACCO te wijten aan sterkere deformatie van de laatste tengevolge van heviger, tektonische werking. TEICHMÜLLER daarentegen meent, dat het een gevolg is van het hoogere gehalte aan kiezelig kitmiddel en kwartskorrels van de Argilloscisti. Dit zou veroorzaakt zijn, doordat de sedimenten uit zuidwestelijke richting zouden zijn afgezet; in de Tyrreense Zee zou in deze periode vasteland bestaan hebben. Voor deze veronderstelling bestaan, zooals we later zullen zien, nog meer argumenten. Het is echter merkwaardig, dat de Galestri in dit verband niet genoemd worden. De Galestri, welke zich in een breede strook ten S van het bestudeerde gebied uitstrekken, en die naar het N

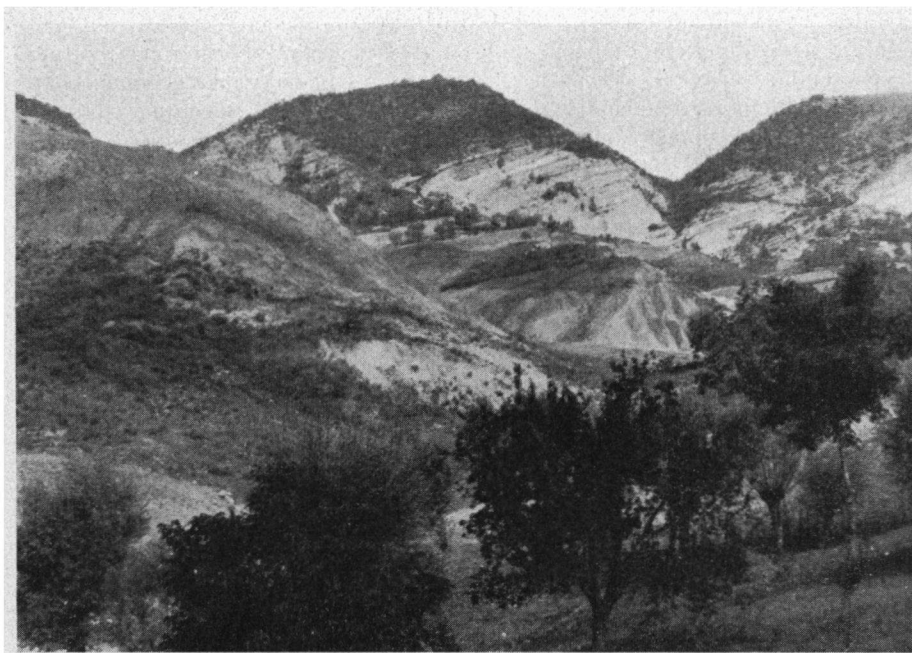


Fig. 3.

Argille Scagliose-terreinen in het dal van de T. Crenna.
Op de achtergrond Helvetienzandsteen.

onmerkbaar overgaan in de normale Argille Scagliose, welke zonder groote verschillen langs de gheele noordzijde van de Noord-Apennijnen te vervolgen zijn, bezitten namelijk evenals de Argilloscisti een hooger gehalte aan kiezelig kitmiddel dan de Argille Scagliose, zij missen echter het schisteuze karakter van de Argilloscisti.

Het lijkt mij waarschijnlijk, dat de verklaring van TEICHMÜLLER voor het hoogere gehalte aan kiezelig kitmiddel der Argilloscisti, eveneens van toepassing is op de Galestri. Het wil mij echter voorkomen, dat het schisteuze karakter der Argilloscisti op deze wijze onvoldoende

wordt verklaard. Ik zou de vraag willen stellen, of het niet juister zou zijn om aan te nemen, dat de schistositeit der Argilloscisti ontstaan is, doordat dit gedeelte der mesozoische kleien tijdens de orogenese tot een dieper niveau is afgezonken en daardoor onder sterkere druk verkeerd heeft dan de meer noordelijk gelegen gedeelten. Het antwoord op deze vraag zal slechts gegeven kunnen worden door vergelijkend petrografisch onderzoek van Argille Scagliose, Galestri en Argilloscisti.

In de Italiaansche literatuur worden de hierbovengenoemde namen voor de mesozoische kleien gebezigd. Dit kan aanleiding geven tot verwarring, daar vooral het woord „argilloscisti” vaak ook gebruikt wordt in verband met geheel andere afzettingen. TEICHMÜLLER voerde de naam „Ophiolietformatie” in, naar de in deze kleiformatie veelvuldig voorkomende ophiolieten. Mij lijkt deze naam eenigszins eenzijdig. De ophiolieten komen inderdaad veel voor en zijn ongetwijfeld typeerend voor deze formatie, echter is de belangrijkste eigenschap toch de kleiige samenstelling. Ik ben daarom van meening, dat de naam, die reeds meer dan honderd jaar voor het overgroote deel der mesozoische kleien wordt gebruikt, n.l. Argille Scagliose de voorkeur verdient. Met het voorvoegsel „schalieachtige” en „schisteuze”, is de naam Argille Scagliose of Argille Scagliose-formatie te gebruiken voor resp. Galestri en Argilloscisti.

Een karakteristieke eigenschap van de Argille Scagliose is het veelvuldig voorkomen van vreemde insluitsels. Dit zijn: over het algemeen dichte kalksteenen, zandsteenen en ophiolieten, terwijl in gezelschap van deze laatste, doch in veel kleiner aantal, „graniet”-brokken voorkomen. Daar de Argille Scagliose-formatie vrijwel steeds sterk ineengeplooid is, zijn de kalk- en zandsteenen vaak geheel verbrokkeld. Hierdoor bezitten sommige Argille Scagliose-terreinen een chaotisch aanzien. Dit verschijnsel kan tot verwarring aanleiding geven. Zoo vinden wij in de bovenloop van de T. Bovegna in het SW van het gekarteerde gebied kleiige mergellagen afgewisseld door eenige kalksteenlagen, die plaatselijk sterk ineengeplooid zijn. Dit gedeelte, dat door SACCO terecht tot het Eoceen gerekend werd, werd door ZACCAGNA als Argille Scagliose in kaart gebracht. ROVERETO, die een toelichting bij de opname van de kaarten „Rapallo” en „Chiávare” voor de Italiaansche Geologische Dienst publiceerde, noemt deze strook veronderstelde Argille Scagliose in het geheel niet.

Wat de werkelijke voorkomens in en direct grenzend aan ons gebied betreft, kan het volgende opgemerkt worden: de Argille Scagliose zijn hier niet bijzonder rijk aan vreemde insluitsels. Zandsteenen komen er in het geheel niet in voor, kalksteenen slechts hier en daar in geringe hoeveelheden, ophiolieten met begeleidende granieten alleen bij Santa Margherita di Bobbio en Pregola in het Boven-Stáfforadal.

De formatie is in het E—W loopende deel van het Stáfforadal vertegenwoordigd door sterk gestuwde en gekneede kleien, welke van Musigliano tot de oostgrens van het gebied dagzoomen ten noorden van de groote Caiellastoring. Naar het N verdwijnt zij met sterke discordantie onder miocene en oligocene sedimenten. De kleien van Zebedassi in het Val Curone en van San Desiderio in het Val Stáffora

ten N van het besproken gebied komen geheel met de zoojuist genoemde afzettingen overeen.

Aan de oostzijde van het gebied kunnen wij de Argille Scagliose-formatie in zuidoostelijke richting vervolgen door het dal van de Stáffora tot Fego en vervolgens door het dal van de Montagnola tot de Brallopas. Tot Santa Margherita di Bobbio vinden wij de zoo even genoemde gestuwde en gekneede kleien. Ten S van dit dorpje krijgen de kleien een meer schalieachtig voorkomen. Tenslotte vinden wij op de Brallopas de reeds vermelde schalieachtige Argille Scagliose, die bruinachtig van kleur is. Aan de westzijde liggen boven deze formatie eocene mergels en kalksteenen. De overgang is concordant en wordt gevormd door enkele lagen roode en groene schalies en plaatachtige glimmerzandsteenen. De oostgrens van deze Argille Scagliose-strook wordt gevormd door de NW—SE loopende dagzoom der Arpeselle-overschuiving.

2. Stratigrafie en Palaeontologie.

De Argille Scagliose zijn zeer fossielarm. Hierdoor en door de talloze tektonische complicaties bestaat er sinds vele jaren veel verschil van opvatting omtrent de ouderdom van deze formatie. De eerste onderzoekers hebben, ongeveer een eeuw geleden, de Argille Scagliose en de eocene mergels en kalken als één formatie beschouwd. De ouderdom hiervan varieerde tusschen Krijt en Eoceen. Er verschenen eenige artikelen, waarin cretaceische fossielen, Inocerami, ammonieten, e. a. uit de Argille Scagliose werden beschreven (o.a. door MENEGHINI, DE MORTILLET, MANTOVANI). CARLO DE STEFANI, die later de Argille Scagliose een eocene ouderdom toeschreef, stelde in 1883 zelfs een lijst samen van de fossielen van Boven- en Midden-Krijt in de Noord-Apennijnen, doch deze fossielen zijn meerendeels afkomstig uit de z.g. Pietraforte, een zandsteen-formatie uit het zuiden van Toscane. Slechts enkele fossielen uit de Argille Scagliose worden genoemd.

Inmiddels had echter COCCHI in 1856 de stelling verdedigd, dat de Argille Scagliose een midden- of boven-eocene ouderdom zouden bezitten, omdat zij op bepaalde punten in Toscane gelegen waren boven de eocene Macigno-zandsteen, en omdat ingeplooid in de Argille Scagliose kalken voorkwamen met eocene foraminiferen. Een geheele groep onderzoekers sloot zich bij het standpunt van COCCHI aan en hiermede was de school gesticht, die de eocene ouderdom van deze formatie, vaak door dik en dun, heeft verdedigd, en waarvan de laatste aanhangers ook nu nog niet te overtuigen zijn door de steeds sterkere argumenten van de z.g. cretaceische school.

De voornaamste, nog niet bekeerde, voorstanders van een eocene ouderdom der Argille Scagliose zijn: aan de eene kant MADDALENA, wiens geologische interpretatie van het tunnelprofiel van de lijn Bologna—Florence, waarop hij de eocene ouderdom der Argille Scagliose grondvest, door BRUEREN kritisch beschouwd en als onjuist gekwalificeerd is, en zijn volgeling CORTESE; aan de andere kant

FRANCHI. FRANCHI volgt in bepaald opzicht ROVERETO in zijn oorspronkelijke opvattingen, welke eenigszins afwijken van die der andere onderzoekers. ROVERETO nam in 1922 aan, dat er drie soorten Argille Scagliose bestaan: een oudste, een middelste en een jongste. De oudste heeft een cretaceische ouderdom, de jongste is jonger dan Auversien, dus van boveeneocene ouderdom. De middelste is waarschijnlijk jonger dan Krijt en ouder dan Lutétien. Een bewijs hiervoor meende hij gevonden te hebben in het W—E profiel, dat van de M. Colletta over de Brallo in oostelijke richting naar Ponte S. Martino ten S van Bobbio loopt. In dit profiel heeft hij de reeds genoemde Arpeselle-overschuiving niet als zoodanig herkend. Ten E van deze overschuiving zijn in mergelkalken en mergels (bij San Cristoforo in het Carlonedal) Camerina's uit het Lutétien en Auversien gevonden. ROVERETO beschouwde dit profiel als een „sezione fondamentale” en nam dus een boveeneocene ouderdom aan voor de Argille Scagliose van de Brallo en het Stáfforadal. FRANCHI noemt de geheele Argille Scagliose-formatie Eoceen. Hij gaat daarbij, afgezien van onderzoekingen in andere gebieden, uit van het genoemde, fundamenteele profiel van ROVERETO. Inmiddels is ROVERETO zelf, onder invloed van buitenlandse onderzoekers, tot ander inzicht gekomen. Daarbij komt hij echter niet terug op de interpretatie van het „fundamenteele profiel”. Welke plaats hij de Argille Scagliose van de Brallo toekent, blijft dus onbekend.

De bovengenoemde onderzoekers en hun aanhangers hebben de vondsten van cretaceische fossielen in de Argille Scagliose genegeerd, of zij hebben ze als een eocene variatie opgevat. Een enkele keer wordt van geremaneerde fossielen gesproken, doch hiervoor ontbreken kenmerken en mogelijke plaatsen van herkomst dermate, dat ook in de „eocene school” deze opvatting weinig ingang gevonden heeft.

Naast deze eocene school is langzamerhand de „cretaceische school” ontstaan. SACCO, die jarenlang de eenige, hardnekkig volhoudende vertegenwoordiger is geweest van deze laatstgenoemde richting, publiceerde in 1893 een lijst van in de Argille Scagliose gevonden fossielen. Het zijn vooral buitenlandse geologen geweest, die hierdoor overtuigd werden van de cretaceische of althans mesozoische ouderdom van de Argille Scagliose. Zooals SACCO in een overzicht in 1939 schreef: „nemo propheta in patria”. ENGELBERTS heeft deze lijst eenige jaren geleden in extenso overgenomen, en aangevuld met de gegevens, die hij uit de literatuur na 1893 heeft kunnen verzamelen.

ENGELBERTS wijst er in dit artikel op, dat ook SACCO de vondsten niet onbevooroordeeld heeft weergegeven. Hij gaat namelijk van de veronderstelling uit, dat het hiaat in de stratigrafie van de Apuaafische Alpen, waar onder het Senoon der z.g. Scaglia de Aptychenkalken van het Neocoom liggen, wordt ingenomen door de Argille Scagliose. Deze zouden dus geheel Cenomaan, geheel Turoon en een gedeelte van het Senoon omvatten. Deze veronderstelling zou er de oorzaak van kunnen zijn, dat eenige fossielen, die later als Liasfossielen gedetermineerd zijn, door SACCO aanvankelijk voor Krijtfossielen zijn aangezien. Bovendien zijn de afdrukken van Uintacrinus, die ook LUDWIG uit de omgeving van Bobbio noemt, volgens ANELLI geen crinoiden-afdrukken. Een door

SACCO vermeldde ammoniet met twee windingen werd gedetermineerd als een vorm uit het Hauterivien.

ENGELBERTS merkt voorts op, dat *Calpionella alpina* LOR. gevonden is, die volgens CADISCH tot de Jura behoort. SCHNEIDER vond deze *Calpionella* o.a. in kalken der Argille Scagliose bij Santa Margherita di Bobbio.

Tenslotte wil ik vermelden, dat ENGELBERTS de opmerking maakt, dat in de Rio Ronco, een zijtak van de Sillaro, een blok kalksteen gevonden werd, dat *Camerina perforata* DE MONTFOORT en *Alveolina schwageri* CHECCHIA RISPOLI bevatte, wat op een Lutétienouderdom wijst, waarna hij eindigt met de Argille Scagliose een ouderdom van Jura tot Midden-Eoceen te geven.

Het lijkt mij waarschijnlijk, dat genoemd blok kalksteen ingeplooid in de oudere Argille Scagliose voorkwam en dus niets omtrént de ouderdom der Argille Scagliose bewijzen kan. Willen wij thans de ouderdom der Argille Scagliose-formatie nader bepalen, dan kunnen wij opmerken, dat de oudste fossielen, die ENGELBERTS noemt, Lias-fossielen zijn. Dit zijn: *Harpoceras boscensis* REYN, en een Amaltheida.

Zou de veronderstelling juist zijn, dat de z.g. Schistes Lustrés van de West Alpen, met hun talrijke ophiolieten gelijk gesteld kunnen worden met de Argille Scagliose, zooals TERMIER, BOUSSAC, STEINMANN e. a. aannemen, dan zou hierin een aanwijzing te meer liggen, dat de oudste Argille Scagliose reeds in de Lias werd afgezet. FRANCHI heeft namelijk in deze Schistes Lustrés behalve eenige Jura-brachiopoden en belemnieten *Pentacrinus* en *Arietites* gevonden. Gaan wij de lijst van Argille Scagliose-fossielen verder na, dan vinden wij soorten uit vrijwel alle afdeelingen van Jura en Krijt. Daar tot nu toe nog nooit een fossiel van onbetwistbaar eocene ouderdom gevonden werd, zou ik de bovengrens der Argille Scagliose-formatie gelijk willen stellen met de grens Krijt—Eoceen. De Argille Scagliose omvatten dus geheel Jura en Krijt.

Tenslotte wil ik opmerken, dat het mij niet gelukt is in de Argille Scagliose van het bestudeerde gebied eenig fossiel te vinden. Andere onderzoekers vonden in dit gebied: *Inoceramus cf. crispus* MANT. tusschen Bosmenso en Castellaro (SACCO), *Pachydiscus spec. ind.* bij Varzi (SACCO), *Calpionella alpina* LOR. bij S. Margherita di Bobbio (SCHNEIDER).

3. Facies.

De eerste veronderstellingen omtrent de wijze van ontstaan van de Argille Scagliose dateeren van 1875 en 1878. In deze jaren meenen MANTOVANI en TARAMELLI in de Argille Scagliose het product van de werking van slijkvulkanen te zien. Enkele jaren later kent een aantal onderzoekers: BIANCONI, FERRETTI, OMBONI, e. a., de Argille Scagliose een plutonische ontstaanswijze toe. Bij nader onderzoek van de formatie blijkt echter al spoedig, dat beide opvattingen onhoudbaar zijn, en dat men met een marien sediment te doen heeft. Over de wijze, waarop en de omstandigheden waaronder dit mariene sediment afgezet werd, zien wij eenige tientallen jaren lang geen artikel verschijnen. Pas in

1913 wijst STEINMANN'er in een betrekkelijk vluchtig artikel op, dat de Argille Scagliose-formatie eenige eigenschappen bezit, die het waarschijnlijk maken, dat zij afgezet is in een zeer diep zeebekken. In 1925 geeft STEINMANN een overzicht van de verschillende, mariene sedimenten, waarbij hij als zijn meening te kennen geeft, dat de Argille Scagliose-formatie een werkelijke diepzee-facies bezit. Deze veronderstelling, welke na 1931 ook door SACCO verkondigd wordt, ontmoet weinig tegenspraak, doch vindt ook geen algemeene instemming.

Bezien wij de redenen, waardoor STEINMANN en SACCO tot hun veronderstelling kwamen, dan blijkt, dat deze de volgende zijn:

1. de formatie bestaat uit fijnkorrelig, kleilig materiaal,
2. zij is vaak bont gekleurd, waarbij rood soms overheerscht,
3. de formatie is buitengewoon arm aan fossielen.
4. onder de fossielen, die erin voorkomen, nemen radiolariën een belangrijke plaats in.
5. in de formatie komen ophiolieten voor, die extrusies in zeer diepe bekkens, of intrusies in sedimenten van zeer diepe bekkens zouden zijn.
6. in de formatie komen, zij het ook uiterst zeldzaam, mangaanen pyriet-concreties voor.

Het lijkt mij, dat deze feiten een onvoldoende bewijs vormen voor de diepzeefacies van de Argille Scagliose. Wat de eerste twee punten aangaat, behoef ik er niet op te wijzen, dat deze slechts een oppervlakkige overeenkomst met de roode diepzeeklei bezitten. Echter is het zeer zeker van belang te constateeren, dat tusschen de kleien veel kalk- en zandsteenbrokken te vinden zijn, die op plaatsen, waar de tektoniek minder ingewikkeld is, als tusschenlagen in de Argille Scagliose optreden.

Beschouwen wij vervolgens de punten 3 en 4, dan blijkt, dat punt 4 één van de belangrijkste bewijzen is voor de diepzeefacies. Afgezien nog van het feit, dat radiolariën elders in afzettingen voorkomen, die beslist geen diepzee-afzettingen zijn, vormt de betrekkelijke zeldzaamheid van hun optreden in de Argille Scagliose zeker geen overtuigend bewijs voor het diepzeekarakter van deze formatie.

De overige fossielvondsten leveren evenmin een direct bewijs voor sedimentatie in een zeer diep bekken. Weliswaar vormen de enkele pelagische fossielen, als Inocerami en ammonieten, benevens de vondsten van eenige haaiantanden geen bezwaar tegen deze veronderstelling, doch het veelvuldig voorkomen van resten van Cycadeoidea en andere planten in de zandsteen, welke in de Argille Scagliose optreden, doet ons veronderstellen, dat wij op deze plaatsen zelfs met een afzetting in een betrekkelijk ondiepe zee en in de nabijheid van een kust te doen hebben. Bovendien zou het ongetwijfeld moeilijk zijn aan te nemen, dat in diepzee-afzettingen afdrucken van erinoiden zouden voorkomen, indien tenminste de door SACCO als Uintacrinus gedetermineerde afdrucken inderdaad erinoidenafdrucken zijn.

Voorts zou het misschien mogelijk zijn, dat een rostrum van een ichthyosauriër in een diepzee-afzetting terecht zou komen, doch dat een

geheele schedel van een dinosauriër (*Capellinosuchus*) in zulk een afzetting zou belanden, mag wel zeer onwaarschijnlijk heeten. Ook punt 5 kan niet als afdoend bewijs voor een diepzeefacies der Argille Scagliose gelden. Immers vinden we in verschillende geosynclinale bekkens intrusies van basische gesteenten.

Tenslotte kan ten opzichte van punt 6 opgemerkt worden, dat pyriet- en mangaanconcreties ook in afzettingen van ondiepe bekkens voorkomen. In diepzeeslikken treffen wij een relatief overheerschen van deze concreties aan. Hiervan kan in de Argille Scagliose geen sprake zijn.

Het kan mijns inziens nuttig zijn de Argille Scagliose te vergelijken met de eenige formatie, waarvan tot nu toe vrij algemeen aangenomen wordt, dat zij een diepzeefacies bezit, n.l. de Danaufornatie in Borneo. Deze bestaat uit: kiezel- en kleileien, serpentijnen, diabasen en diabaastuffen. In de kiezelleien en diabaastuffen treden radiolariën en mangaanknollen in zoo groote hoeveelheid op, dat zij een integreerend bestanddeel van de formatie vormen. De juiste dikte van de afzetting is niet bekend, doch wordt door MOLENGRAAFF geschat op ongeveer 100 m. Dit zou volkomen in overeenstemming zijn met de geringe snelheid van sedimentatie in een diepzeebekken. Voorts kan nog opgemerkt worden, dat de formatie geheel kalkvrij is. Tegen de veronderstelling van MOLENGRAAFF, dat de Danaufornatie een diepzeefazetting zou zijn, werden o.a. volgende bezwaren ingebracht: op Banka werd radiolariënhoornsteen als tusschenlaag in een groffklastische formatie gevonden (VERBEEK), in westelijk Borneo en op Malakka trof men radiolariën in ondiepwater-afzettingen (resp. EASTON en SCRIVENOR), op Ceram werd echte radiolriet tusschen lagen kalksteen en kalkzandsteen gevonden (RUTTEN). Deze Indische voorbeelden worden door RUTTEN in zijn „Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië” vermeld.

Vergelijken wij nu de Argille Scagliose-formatie met de Danaufornatie, dan zien wij talrijke punten van overeenkomst: een kleiige afzetting, waarin basische gesteenten, radiolariën en mangaanknollen voorkomen. Wij constateeren echter ook verschillen, en wel in enkele belangrijke opzichten. Eén van de sterke bewijzen voor een diepzeefacies van de Danaufornatie is het feit, dat radiolariën en mangaanknollen een integreerend bestanddeel der formatie vormen. Dit is bij de Argille Scagliose geenszins het geval. In de Danaufornatie treedt geen kalk- of zandsteen op. We vinden deze in de Argille Scagliose op talrijke plaatsen. De dikte der Danaufornatie wordt geschat op 100 m. De juiste dikte der Argille Scagliose-formatie is weliswaar evenmin bekend als die der Danaufornatie, doch zij is in ieder geval belangrijk grooter.

Dit laatste verschil is natuurlijk niet zeer overtuigend, daar de Danaufornatie slechts een zeker gedeelte van de Juraperiode omvat, terwijl de Argille Scagliose-formatie geheel Jura en Krijt zou omvatten. Beschouwen wij echter in dit verband de berekeningen, welke verschillende auteurs (KUENEN, TWENHOFEL, TRASK) in de laatste jaren maakten over de sedimentatiesnelheid in diepzeebekken, dan blijkt, dat

het resultaat van deze berekeningen, ook al zijn de gevonden waarden misschien niet voldoende betrouwbaar, steeds op een uiterst kleine snelheid van sedimentatie wijzen (er wordt gesproken over een sedimentatiesnelheid van 1 cm in 3000 jaar). Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat een diepzeeformatie in een tijd, welke Jura en Krijt omvat, een zoo belangrijke dikte zou kunnen bereiken, als de Argille Scagliose-formatie ongetwijfeld bezit.

Ik meen, dat de opvattingen van STEINMANN en SACCO omtrent de facies van de Argille Scagliose onaannemelijk zijn. De bezwaren ertegen zijn in de volgende punten samen te vatten:

1. in de Argille Scagliose treden op verschillende plaatsen kalk- en zandsteenlagen op.
2. in de Argille Scagliose zijn crinoidenafdrukken en een dinosauriërschedel gevonden.
3. radiolariën komen in de Argille Scagliose weinig voor, zij vormen nergens een integreerend bestanddeel ervan.
4. mangaanknollen zijn in de Argille Scagliose uiterst zeldzaam.
5. de dikte der Argille Scagliose-formatie is te groot ten opzichte van de geringe sedimentatiesnelheid in diepzeebekken.

Het lijkt mij het meest waarschijnlijk, dat de voornamelijk kleiige formatie der Argille Scagliose afgezet is in een betrekkelijk diep bekken (1000 tot 2000 m), waarin verschillende minder diepe gedeelten voorkwamen. De toevoer van grofkorrelig terrigeen materiaal was over het algemeen gering, zoodat wij moeten aannemen, dat de omliggende gebieden, voorzover zij niet zelf door zee overstroemd waren, slechts weinig relief bezaten.

Over de palaeogeografie kan ik, gezien mijn onvolledige kennis van deze in de Noord-Apennijnen zoo sterk verbreide formatie, niet veel meer schrijven, dan ik reeds bij de Algemeene Beschrijving naar aanleiding van de namen Argille Scagliose, Galestri, en Argilloscisti opgemerkt heb. Zooals daar uiteengezet is, is het waarschijnlijk, dat in Jura en Krijt in de Tyrreense Zee of in een gedeelte daarvan land bestond. Voor deze veronderstelling bestaan, zooals we later zullen zien, ook na Jura en Krijt nog verschillende aanwijzingen.

4. Ophiolieten en Granieten.

Over de ophiolieten en granieten, welke in de Argille Scagliose van de geheele Noord-Apennijnen veelvuldig voorkomen, bestaat een uitgebreide literatuur. Ondanks de onderzoekingen van vele Italiaansche en buitenlandsche geologen zijn er echter nog tal van vraagstukken, die onvoldoende of geheel niet opgelost zijn. Het heeft naar mijn meening geen zin al deze vraagstukken hier naar voren te brengen. Ik wil alleen die even toelichten, welke in verband met het optreden van eenige ophioliet- en granietmassa's in de onmiddellijke omgeving van het bestudeerde gebied van belang zijn.

In de eerste plaats is men het er niet over eens, of de zeer basische magma's, waaruit de serpentijnen ontstaan zijn, door sub-

aquatiscche erupties op de zeebodem uitvloeiden, of dat zij als „sills” in de sedimenten geïnjecteerd werden.

STEINMANN, en in navolging van hem DE WIJKERSLOOTH, nemen aan, dat in het geheel geen extrusie van deze basische magma's plaats vond. Zij baseeren dit o.a. op het feit, dat op zekere plaatsen in de Noord-Apennijnen in radiolarieten, die boven ophiolieten gelegen zijn, kleine diabaasgangen voorkomen. In dat geval kan dus alleen van een plaatvormige intrusie sprake zijn.

Hier staat tegenover, dat in de Noord-Apennijnen op vele plaatsen tuffen gevonden worden, waarvoor onmogelijk een andere wijze van ontstaan bedacht kan worden dan door onderzeesche uitbarstingen. Dit feit is in verband met de ophiolieten van ons gebied van belang, omdat ik bij Pregola aan de oostzijde van de groote serpentijnbult, waarop het dorpje gebouwd is, een goed gelaagde serpentijntuf gevonden heb. Verschillende auteurs, ook oudere, zooals PANTANELLI (1889), hebben het voorkomen van dergelijke tuffen op andere plaatsen in de naaste omgeving van ons gebied vermeld. Bovendien heeft TEICHMÜLLER in de omgeving van Bobbio lavastroommen waargenomen, die sediment in zich opgenomen hadden, voorts vond hij bij Camporgiano di Garfagnana „Fladenlava” en tuffen.

Vatten wij bovenstaande feiten samen, dan ligt het voor de hand met TEICHMÜLLER en SACCO te veronderstellen, dat zoowel plaatvormige intrusies als subaquatische extrusies plaats gevonden hebben.

Een tweede, veel omstreden vraagstuk betreffende de ophiolieten is het ontbreken van toevoerkanalen van deze basische effusiva. De eerste voorstanders van de dekbladentheorie zagen in dit feit een bewijs, dat hun theorieën kon steunen. SACCO, die een overtuigd tegenstander van deze opvatting was, zocht naar een verklaring voor dit schijnbaar ontbreken van toevoerkanalen. Zijn verklaring, n.l. dat door de hooge graad van vloeibaarheid van het basische magma de toevoerkanalen door tangentieele druk gemakkelijk dichtgedrukt konden worden, lijkt mij onbevredigend, doch zijn opmerking, dat van de meeste, groote ophiolietzones niet bewezen is, dat er geen toevoerkanaal aanwezig is, is ongetwijfeld zeer juist.

Het strekt TEICHMÜLLER, als voorstander der dekbladentheorie, tot eer dat hij er in 1932 op gewezen heeft, dat in verschillende, andere, geosynclinale gebieden ophiolieten voorkomen, waarvan eveneens nimmer een toevoerkanaal gevonden werd, terwijl in deze gebieden zeer duidelijk geen overschuivingen hadden plaats gehad. De verklaring van dit fenomeen ligt volgens hem in het feit, dat voor plaatvormige intrusies of uitvloeiingen van zeer basisch magma weinige en smalle toevoerspleten voldoende zijn. Later heeft SCHNEIDER in de omgeving van Bobbio inderdaad toevoerspleten gevonden. Dat wij in ons gebied aan de grens van de groote Arpeselle-overschuiving dergelijke, zeldzaam voorkomende toevoerkanalen niet behoeven te verwachten is een vanzelfsprekend feit.

Over de petrografie van de ophiolieten, die in de directe omgeving van ons gebied voorkomen, heb ik niets nieuws te vermelden. Het gesteente bestaat grootendeels uit kristallen, die geheel in serpentijn

zijn omgezet. Naar de structuur te oordeelen waren dit oorspronkelijk diopsiedkristallen.

Veel moeilijker problemen ontmoeten wij bij de bestudeering van de granieten van de Noord-Apennijnen. Ten opzichte van deze z.g. granieten is het een ieder geraden zich uitsluitend te beperken tot de zelf geobserveerde gesteenten. Het is namelijk wel zeker, dat vele z.g. granieten in de Noord-Apennijnen in het geheel geen granieten zijn.

In de directe omgeving van ons gebied vinden we granieten als niet zeer groote blokken in de Argille Scagliose-formatie vlak bij de ophiolieten van Pregola. Uit het petrografisch onderzoek kwam ik tot dezelfde conclusie als PERETTI, n.l. dat wij hier inderdaad met granieten te doen hebben en wel met grove biotietgranieten, waarin gangen voorkomen, die bijna geheel uit mikrolieën bestaan. Zoowel in de granieten als in deze bostonietachtige gangen vinden we kataklastische structuren. Bovendien bleek in een der biotietgranieten unduleuze kwarts voor te komen. Uit deze feiten blijkt duidelijk, dat deze gesteenten onder vrij groote druk gestaan hebben. Dit behoeft ons overigens, gezien de ligging van de granieten onder de ophiolieten tegen de Arpeselle-verschuiving aan, niet te verwonderen. Het lijkt mij echter onjuist deze over het algemeen tamelijk grofkorrelige gesteenten mylonieten te noemen, zooals in de literatuur over deze gesteenten vaak gebeurt. De naam myloniet toch veronderstelt een gesteente, waarvan de componenten geheel fijngewreven zijn, en dus zeker macroscopisch niet te onderscheiden zijn. Bovendien heeft deze naam, die door alle nieuwere Italiaansche onderzoekers, zooals PERETTI, MERLA, BONATTI en BRUSONI, wordt gebezigd, een eenigszins tendentieuze klank, omdat deze onderzoekers voorstanders zijn van de dekbladentheorie en omdat een myloniet aan de voet van een dekblad een dikwijls optredend verschijnsel is.

Het voorkomen van granieten als die van Pregola in de Argille Scagliose, steeds min of meer gebonden aan ophiolietvoorkomens, is een probleem, waarvan de oplossing mijns inziens pas gevonden zal worden, wanneer een grondig geologisch onderzoek tesamen met petrografische studies van alle werkelijke en zoogenaamde granietvoorkomens plaats gehad zal hebben. Ik wil daarom volstaan met het noemen van verschillende hypothesen, die over dit onderwerp geopperd zijn.

De oudste verklaring is afkomstig van PARETO, die verondersteld heeft, dat de granieten brokken zouden zijn van de kristallijne ondergrond, welke door de uitbarstingen der ophiolieten meegesleurd zouden zijn. Tegen deze veronderstelling bestaan eenige belangrijke bezwaren: in de eerste plaats is het vreemd, dat de ophiolieten nooit andere kristallijne gesteenten of b.v. Triaskalken uit de ondergrond zouden hebben meegesleurd; ten tweede bestaan er granietcomplexen, waarvan de afmetingen zoo groot zijn, dat zij bezwaarlijk door ophiolieterrupties meegenomen kunnen zijn; en in de derde plaats kan het voorkomen van granieten op plaatsen, waar wij geen ophiolieten vinden, ook al komt dit uiterst zelden voor, op deze wijze niet verklaard worden.

Een tweede hypothese is naar voren gebracht door SACCO. Deze veronderstelt, dat de granieten plaatselijke, zure differentiaties zijn van

het basische magma, waaruit de ophiolieten ontstaan zijn. Ook Lotri is een voorstander van een late, zure afscheiding van het basische magma. Het groote bezwaar tegen deze veronderstelling ligt in het voorkomen van werkelijke granieten met een middelmatige korrelgrootte, zooals b.v. bij Pregola. Wij zouden in dit geval toch hoogstens enkele pegmatitische en aplitische gangen verwachten. Bovendien is nog nimmer waargenomen, dat de granieten als gangen in de ophiolieten optraden, wat bij zulke late, zure afscheidingen toch zeker het geval zou moeten zijn.

De derde hypothese vormt een onderdeel van de theorieën omtrent dekbladenbouw in de Noord-Apennijnen. Hun voorstanders zien in de granieten splinters van het kristallijne grondgebied, die door de dekbladen zijn meegenomen. Volgens deze veronderstelling moeten de granieten steeds aan de voet van de dekbladen, dus op een overschuivingsvlak aan de voet van de Argille Scagliose-formatie liggen. Het is de vraag, of een dergelijke bijzondere ligging der granieten steeds aanwezig is. Voorts bestaat natuurlijk het bezwaar dat wij b.v. om de granieten van Pregola op deze wijze te verklaren moeten aannemen, dat wij hier met een dekblad te doen hebben. Zooals uit de volgende hoofdstukken zal blijken, geloof ik, dat de noodige aanwijzingen voor het bestaan van zulk een dekblad niet aanwezig zijn. Ook het reeds vermelde niet-mylonitische karakter van de granieten van Pregola pleit tegen een overschuiving van dergelijke afmetingen, als in verband met de dekbladentheorie moet worden aangenomen. Tenslotte is het vrijwel steeds samen voorkomen van granieten en ophiolieten door de dekbladentheorie niet afdoende te verklaren.

Het is duidelijk, dat nog geen onaanvechtbare verklaring voor het ontstaan van de granieten en pseudo-granieten der Noord-Apennijnen gevonden is.

B. Eoceen.

1. Algemeene Opmerkingen.

Het Eoceen beslaat een groot deel van het besproken gebied, voornamelijk het zuidoostelijke gedeelte ervan, d.w.z. de zuidrand van blad 71 III NE (Varzi) en de oost- en zuidrand van blad 71 III SO (Rocchetta Ligure) van het in kaart gebrachte deel, en het geheele blad 71 III SE en een stuk van het blad 71 II SO (Pregola), van het niet in kaart gebrachte deel (zie fig. 2). Ten S en ten E van het bestudeerde gebied vinden we eveneens belangrijke uitbreidingen van dit Eoceen. In de topografie neemt deze formatie een opvallende plaats in, aangezien niet alleen de hoogste bergen van ons gebied, maar vrijwel alle hooge toppen van het gebergte benoorden Genua uit haar zijn opgebouwd.

Deze eoecene formatie, die evenals de Argille Scagliose arm aan fossielen is, bestaat uit afwisselende lagen van kalksteen, mergel, schalie en zandsteen. In de kalklagen komen z.g. helminthoiden en fucoiden voor, waardoor de formatie bij de Italiaansche geologen de

naam van „Helminthoiden- en Fucoidenkalken” heeft gekregen. Er is tot nu toe noch door Italiaansche, noch door buitenlandsche geologen een poging gedaan om de stratigrafie van dit enorme complex een gedetailleerde onderverdeeling te geven. Ook de ingewikkelde tektoniek ervan trok niet de belangstelling van de vele onderzoekers. Hoewel aan mijn kartering van het eocene gebied door de omstandigheden een ontijdig einde gemaakt werd, zoodat het mij onmogelijk was van dit gedeelte een gedetailleerde geologische kaart uit te geven, wil ik toch mijn onderzoekingen in dit gebied uitgebreid bespreken en een voorloopige stratigrafische indeeling van het eocene complex geven. Daar mijn onderzoekingen nog te oppervlakkig zijn om een duidelijk inzicht in de gecompliceerde tektoniek te verkrijgen, zal in het hoofdstuk „Tektoniek” niet nader op dit gedeelte van het gebied ingegaan worden. Enkele opmerkingen van tektonische aard zullen daarom mede in dit hoofdstuk behandeld worden.

2. Stratigrafie en Palaeontologie.

In de eocene mergels, kalken, schalies en zandsteenen zijn tot nu toe zeer weinig fossielen gevonden. Hun aantal blijft ver beneden het eveneens geringe getal, dat wij uit de Argille Scagliose leerden kennen. Alleen algen, fucoiden, en problematische fossielen, helminthoiden, hebben in de eocene mergelkalken een groote verbreiding. Fucoiden heb ik in ons gebied niet gevonden, doch zij worden door verschillende auteurs uit eocene mergelkalken buiten het gebied vermeld. Helminthoiden, namelijk *Helminthoides labyrinthica* HEER, welke, evenals de fucoiden, ook in de eocene Flysch der Alpen worden aangetroffen, komen, behalve in de bovenste serie van het Eoceen van ons gebied, in alle mergelkalklagen der overige series vaak voor. Het voorkomen van dit problematische fossiel kan als een aanwijzing voor de eocene ouderdom van de kalken en mergels beschouwd worden.

Behalve de algen en problematische fossielen zijn het uitsluitend foraminiferen, die op enkele plaatsen in het Eoceen gevonden zijn. Eén van deze plaatsen is gelegen bij San Cristoforo in het dal van de T. Carlone, die ten E van de M. Arpeselle (aan de oostzijde van de Brallopas) ontspringt en in oostelijke richting naar het Trebbiadal stroomt. Op deze vindplaats hebben o.a. ROVERETO en LUDWIG de volgende foraminiferen gevonden, die door PREVER gedetermineerd zijn:

Camerina Guettardi (<i>C. atacica</i>)	} elders in Boven-Lutétien.
„ Tehihatcheffi (<i>C. distans</i>)	
„ Heberti (<i>C. variolarius</i>)	
„ sub-Ficheuri	} elders vnl. in Lutétien.
„ sub-Paronai	
„ sub-Beaumonti	
„ latispira	
„ sub-Ramondi (<i>C. globulus</i>)	} elders in Lutétien en Auversien.
Assilina Mamillata (<i>A. exponens</i>)	

Discocyclina aspera	}	elders in Lutétien, Auversien en Priabonien.
„ strophiolata		
„ varians		
„ patellaris		
„ lanceolata		
„ radians		
„ discus	}	elders vnl. Lutétien.
„ dispansa		
Alveolina cf. ovulum		elders tot in Auversien.
Opereulina pyramidum		niet karakteristiek.

ROVERETO, uit wiens werk bovenstaand lijstje is overgenomen, trekt uit deze vondsten de conclusie, dat de betreffende afzettingen een Lutétienouderdom bezitten.

Zooals uit de beschrijving van het Eoceen zal blijken, heb ik in het bestudeerde gebied de volgende indeeling van het Eoceen gebruikt:

4. Pagliaro-serie
3. Museglia-serie
2. Curone-serie
1. Lesima-serie

De afzettingen, waarin de bovengenoemde foraminiferen gevonden zijn, behooren waarschijnlijk tot de Curone-serie. Nemen wij dus aan, dat de Curone-serie een Lutétienouderdom heeft, dan is het waarschijnlijk, dat Museglia-serie en Pagliaro-serie een voornamelijk boven-eocene ouderdom hebben. Zij zouden Auversien, Bartonien en Ludien, of een gedeelte hiervan omvatten. De Lesima-serie, waarvan de onderste lagen een regelmatige overgang naar de mesozoische Argille Scagliose-formatie vertoonen, omvat dan het Onder-Eoceen tot aan het Lutétien. Ik behoef er wel niet op te wijzen, dat deze parallelisatie een hypothetisch karakter heeft.

De Italiaansche geologen kennen de eocene mergels en kalken over het algemeen een midden- tot boven-eocene ouderdom toe. Deze opvatting berust op het feit, dat in het dal van de Serchio ten N van Pisa afzettingen met Lutétien-foraminiferen transgressief op het Krijt liggen. In de afzettingen in het gebied ten N van Genua werden langen tijd geen fossielen gevonden, zij werden echter met de afzettingen in het Serchio-dal geparalleliseerd. De vondsten van Lutétien-fossielen o.a. bij San Cristoforo leek deze opvatting te bevestigen, daar de juiste ligging van de lagen bij San Cristoforo de onderzoekers niet bekend was.

Tenslotte zij opgemerkt, dat TEICHMÜLLER en SCHNEIDER de formaties ten W van de bovenloop van de Stáffora en ten W van de Brallo een cretaceische ouderdom geven. Zij doen dit op grond van cretaceische fossielen, die voornamelijk door SACCO in deze kalken gevonden zouden zijn. Dit klinkt op zichzelf reeds vrij onwaarschijnlijk, daar SACCO de mergelkalken als Eoceen beschreven heeft. De vondsten, die zij noemen in het door mij bestudeerde gebied, zijn de volgende: *Inoceramus balticus* tusschen Bosmenso en Castellaro, *Pachydiscus spec.*

ind. in het Stáffora-dal, *Pachydiscus galicianus* bij Varzi. De eerste vondst is duidelijk uit de Argille Scagliose afkomstig, daar tusschen Bosmenso en Castellaro alleen deze formatie aanwezig is. De grens met het Eoceen loopt een weinig zuidelijker langs de lijn Castellaro—Casanova. De tweede vindplaats bevindt zich „in het Stáfforadal”. De opgaaf is eenigszins willekeurig, daar in het ruim 35 km lange Stáfforadal alle formaties van Mesozoicum, Tertiair en Kwartair vertegenwoordigd zijn. Beter gelocaliseerd is de derde vondst, echter komt in de onmiddellijke omgeving van Varzi alleen Argille Scagliose voor. De eerste en de derde vondst worden trouwens door SACCO in verschillende artikelen als bewijzen voor de cretaceische ouderdom van de Argille Scagliose gebruikt. Het is dus wel waarschijnlijk, dat TEICHMÜLLER en SCHNEIDER de feiten teveel in het licht van hun eigen theoriën omtrent de bouw van de Noord-Apennijnen hebben beschouwd.

3. Beschrijving.

De onderste eocene lagen zijn goed ontsloten aan de westzijde van de Brallo-pas. Zooals reeds in het vorige hoofdstuk beschreven is, vinden wij hier een door roode en groene schalies met plaatachtige glimmerzandsteen gevormde, concordante overgang van de Argille Scagliose naar de eocene kalken en mergels. Dit pakket van lagen van het onderste Eoceen heb ik de naam Lesima-serie gegeven (naar de M. Lesima ten S van de Brallo-pas). De Lesima-serie bestaat uit goed gelaagde, dichte, harde kalkbanken afgewisseld door kalkrijke mergellagen. Sommige kalkbanken hebben een typisch geelbruine verweering. De meeste zijn licht grijsblauw op versch breukvlak.

Meer naar het westen treffen wij de Lesima-serie aan ten S van Caldirola in het boven-Curonedal en ten SE van Volpara in het Albiroladal, 5 km ten E van Rocchetta Ligure. In het Curonedal gaat de Lesima-serie bij Caldirola regelmatig over in de z.g. Curone-serie, die hoofdzakelijk bestaat uit kleiige mergels, af en toe afgewisseld door banken van $\frac{1}{2}$ tot 1 m dikte van splinterige mergelkalk. De kleiige mergels zijn groen tot grijsblauw van kleur, de mergelkalkbanken geelachtig wit tot grijs. De Curone-serie bezit de eigenschap om, wanneer zij sterk ineengeplooid is, hetzelfde chaotische aanzien te hebben als de Argille Scagliose-formatie vertoont op plaatsen, waar deze rijk is aan kalkinschakelingen. Ik noemde in dit verband reeds het Eoceen van de bovenloop van de T. Bovegna, dat door ZAOCAGNA als Argille Scagliose gekarteerd is. Een soortgelijk verschijnsel treffen wij aan in de Rio della Selva. De Curone-serie is het fraaist ontsloten in de T. Curone van Caldirola naar het noorden tot daar, waar zij discordant onder het Oligoceen verdwijnt. Meer naar het W vormt zij de geheele M. Giarolo, ten N hiervan in het dal van de T. Museglia vinden we een door storingen eenigszins onduidelijke overgang naar de erop volgende Museglia-serie.

Verder westelijk treffen we de Curone-serie in het reeds genoemde dal van de T. Albirola. Een kleine storing ten S van Volpara scheidt

de Curone-serie van de Lesima-serie. Dalafwaarts loopen we ongeveer in de strekking der lagen, bij punt 577 treffen we een waarschijnlijk NNW — SSE loopende breuk, die de Curone-serie (hellend in noordelijke richting) van de Museglia-serie (hellend in westelijke richting) scheidt.

Voorts vinden we nog verder westwaarts, in de westflank van de eocene synclinaal, waarvan de as vermoedelijk tusschen het dal van de Borbera en dat van de Sisola ten S van Rocchetta Ligure is gelegen, de Curone-serie terug in de T. Bovegna en in de bovenloop van de T. Spinti. Dit gedeelte van de Curone-serie wijkt in zooverre van de meer oostelijk gelegen voorkomens af, dat er op sommige plaatsen niet zeer belangrijke inschakelingen van meer zandige lagen in voorkomen. Voor het overige komt de formatie echter geheel met de typische Curone-serie overeen.

De overgang naar de jongere, eocene lagen ten oosten van het Bovegnadal is niet regelmatig (storingen van het Boven-Bovegnadal). Op de B^c. Castellazzo en naar het noorden in het dal van de T. Spinti ligt het oligocene Borberaconglomeraat met sterke discordantie op de Curone-serie. Dank zij een min of meer E — W verloopende breuk iets ten S van het Valbera-dal, vinden wij onder het Borberaconglomeraat in een strook langs het Valbera-dal de mergels en mergelkalken van de Curone-serie nogmaals terug (zie profiel IX).

Tenslotte moet erop gewezen worden, dat de mergels en mergelkalkbanken ten E van de reeds genoemde Arpeselle-overschuiving naar mijn meening eveneens tot de Curone-serie gerekend moeten worden. Zooals in het gedeelte over „Stratigrafie en Palaeontologie” van het Eoceen vermeld is, werden in dit gebied o.a. bij San Cristoforo foraminiferen gevonden, volgens welke de Curone-serie een Lutétien-ouderdom zou bezitten.

Nergens heb ik een geheel regelmatige overgang van de Curone-serie naar de bovenliggende Museglia-serie kunnen vaststellen. De eenigszins gestoorde overgang echter, die wij kunnen waarnemen in het bovenste deel van het Museglia-dal, en waarbij de lagen toch over het algemeen noordwaarts hellen, rechtvaardigt mijns inziens de veronderstelling, dat de Museglia-serie de serie is, welke stratigrafisch boven de Curone-serie volgt.

Deze Museglia-serie, welke in het dal van de T. Museglia di Giarolo haar meest oostelijke voorkomen bezit, bestaat uit dichte, eenigszins bitumineuze, donkere, mergelige of zandige kalkbanken, waarvan de dikte zonder regelmaat varieert van $\frac{1}{2}$ m tot meer dan 6 m, met ertusschen goed gelaagde, splinterige, kalkrijke mergellagen. In de T. Museglia is deze serie op verschillende plaatsen sterk gestoord. Meer naar het westen vinden we de Museglia-serie zeer fraai ontwikkeld in het dal van de T. Liassa, tusschen Molino di Liassa en Casella ($\frac{1}{2}$ km ten NE van Cabella Lig.). Mijn onderzoek is niet ver genoeg gegaan om met zekerheid te kunnen vaststellen of ten oosten van Molino di Liassa onder de Museglia-serie de Curone-serie regelmatig volgt.

Minder fraai ontsloten en door een belangrijke breuk van de Curone-

serie. gescheiden treffen we het bovenste deel van de Museglia-serie (minder kalkrijk) ook in het dal van de T. Albirola aan.

In de dalen van de T. Albirola en de T. Liassa zien we respectievelijk bij Santa Maria en bij Casella de regelmatige overgang van de Museglia-serie naar de hoogste serie van het hier aanwezige Eoceen: n.l. de Pagliaro-serie. Het onderste gedeelte van deze laatste serie bevat nog enkele mergelkalkbanken, die echter niet meer bitumineus zijn. Overigens bestaat zij geheel uit schalies en zandsteenbanken.

De mergelkalklagen van het onderste gedeelte der Pagliaro-serie zijn zeer brokkelig, zij zijn niet dikker dan $\pm \frac{1}{2}$ m, hun kleur is geelachtig wit. In dit deel overheerschen de schalies, die over het algemeen goed gelaagd en brokkelig zijn. De zandsteenlagen, die hierin voorkomen, zijn niet zeer talrijk en niet dikker dan enkele dm. In de hoogere lagen der Pagliaro-serie vinden we geen mergelkalkbanken meer. Naast de schalies, die nog steeds overheerschen, zien wij zachtere, kleiige lagen. De zandsteenbanken kunnen tot 1 m dik worden, ze zijn goed gelaagd

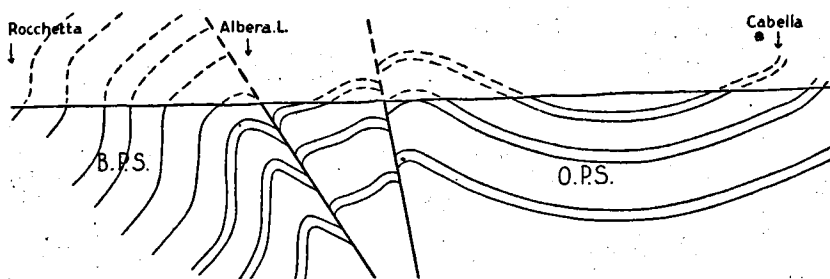


Fig. 4.

Profiel door het Boven-Eoceen van het Borberadal tusschen Rocchetta Ligure en Cabella.

(O. P. S. = Onder-Pagliaroserie, B. P. S. = Boven-Pagliaroserie).

en zeer glimmerrijk. Op het laagvlak komt veelvuldig plantenhaksel voor.

De Pagliaro-serie komt voor in het geheele Sisola-dal tot Roccaforte—Sisola, in het Borbera-dal tusschen Cabella Ligure en Colonne en in het geheele lage gedeelte tusschen Colonne en Dernice. Zij vormt de kern van de reeds genoemde synclinaal. Bij Pagliaro en Rocchetta Ligure ligt het oligocene Borberaconglomeraat met duidelijke discordantie op deze bovenste eocene serie. Tusschen Colonne en Dernice is deze discordantie af en toe iets minder duidelijk. Van een regelmatige overgang, zooals SACCO o.a. bij Colonne meent te zien, kan echter nergens sprake zijn.

Aangezien ik geen enkel ongestoord en volledig profiel door het eocene gebied bezit, zou slechts een ruwe schatting van de dikte der verschillende series mogelijk zijn. Ik meen daarom, dat het beter is van een opgaaf van geschatte dikten af te zien.

Fig. 4 geeft een profiel langs de T. Borbera van Rocchetta Ligure tot Cabella Ligure. Uit dit profiel blijkt eenigszins de gecompliceerde bouw van het eocene gebied.

4. Facies.

Bij de aanvang van het Eoceen zien wij een verandering optreden in de omstandigheden, waaronder de sedimentatie in de geosynclinaal der Noord-Apennijnen plaats heeft. De toevoer van terrigeen materiaal is veel grooter geworden, wat de veronderstelling rechtvaardigt, dat naburige gebieden boven de zeespiegel zijn komen te liggen, hetzij door opheffing van deze gebieden, hetzij door daling van de zeespiegel, hetzij door opheffing van deze gebieden tegelijk met daling van de zeespiegel. Beschouwen wij de omstandigheden op de grens Krijt—Eoceen in de omliggende gebieden, dan zien wij een algemeene regressie, waarbij groote gebieden boven de zeespiegel verschijnen. In de Alpen ontbreken de hoogste étages van het Krijt en de laagste étages van het Eoceen, in Istrië en Dalmatië scheiden continentale en lagunaire afzettingen de mariene sedimenten van Krijt en Midden-Eoceen. Het is dus begrijpelijk, dat ook de geosynclinaal van de Noord-Apennijnen bij de overgang van Krijt naar Tertiair ondieper wordt. De verdere ontwikkeling van dit geosynclinale gebied verschilt echter belangrijk van die van de omliggende gebieden.

Zooals we gezien hebben, bestaat de Lesima-serie uit dichte kalksteenbanken afgewisseld door kalkrijke mergellagen. Deze zullen gesedimenteerd zijn in een nog betrekkelijk diep bekken, dat tijdens het Eoceen hoe langer hoe meer opgevuld wordt. De Curone-serie is reeds veel minder kalkrijk. De mergels beginnen een belangrijker plaats in te nemen en zijn armer aan kalk dan de mergels der Lesima-serie. De Museglia-serie bezit reeds eigenschappen, die op sedimentatie in een betrekkelijk ondiep bekken wijzen. In vrijwel alle lagen komt eenig zand voor, sommige kalksteenbanken zijn zelfs zeer zandig. De meeste kalksteenbanken zijn eenigszins bitumineus. Dit zou erop kunnen wijzen, dat wij met een min of meer afgesloten, niet zeer diep bekken te doen hebben. Bij de afzetting van de Pagliaro-serie is de opvulling van het geosynclinale bekken zoo goed als voltooid. We vinden nog slechts kleien, schalies en zandsteenbanken. De laatste nemen vooral in de bovenste lagen der Pagliaro-serie een belangrijke plaats in. Het veelvuldig voorkomen van plantenhaksel in de zandsteenbanken vormt mede een bewijs, dat deze serie in een ondiep bekken gesedimenteerd is.

Daar het verloop van de verschillende series buiten het bestudeerde gebied mij totaal onbekend is, is het niet mogelijk conclusies omtrent de palaeogeografie van het eocene bekken te trekken.

C. Oligoceen.

1. Algemeene Opmerkingen.

Het Oligoceen, evenals trouwens de jongere, tertiaire afzettingen, vinden we hoofdzakelijk als een zoom van lagere heuvels langs de noordrand van het hoogere gebergte, dat uit mesozoïsche en eocene lagen is opgebouwd. Alleen de conglomeraten van het Rupélien komen in het zuiden en direct ten S van het gebied als geïsoleerde resten

van een vroegere bedekking van de hoogere deelen van het gebergte voor. Het is de vraag, of deze bedekking zich over een groote afstand over het oude gebergte heeft uitgestrekt. De meeste der jongere lagen zullen niet veel verder zuidelijk gereikt hebben, dan de plaatsen waar wij ze thans aantreffen.

In de tertiaire geschiedenis van het bestudeerde gebied kunnen we twee bekkens onderscheiden, die door een drempel van elkaar gescheiden waren. Dit zijn: het bekken van Garbagna, dat het meest oostelijke deel vormt van het groote, tertiaire bekken van Piemonte, en het kleine bekken van Varzi (gelegen ten SW van Varzi), dat een volkomen op zichzelf staand bekken is. Hierbij kan opgemerkt worden, dat SACCO ten noorden van het gebied, d.w.z. ten noorden van het bekken van Varzi, een derde groot bekken onderscheidt, dat hij naar de provincie Pavia het Paveesche bekken noemt.

De beide eerstgenoemde bekkens hadden tot de transgressie van het Helvetien een geheel verschillende ontwikkeling. Dit verschil is, zooals we zullen zien, in het Rupélien nog niet zeer groot, in het Chattien is het echter reeds belangrijk, terwijl het in het Aquitanien bepaald groot te noemen is.

Bij de beschrijving der oligocene en miocene afzettingen zal steeds eerst het Garbagna-bekken, dan het Varzi-bekken besproken worden.

2. Stratigrafie en Palaeontologie.

In het bestudeerde gebied kan het Oligoceen onderverdeeld worden in:

3. Aquitanien.
2. Chattien.
1. Rupélien.

Deze verdeling wijkt vrij sterk af van de indeeling, welke op de officieele kaarten van de Italiaansche geologische dienst gewoonlijk gebruikt wordt. Op deze kaarten wordt in het Oligoceen slechts Tongrien (Lattorfien) en Stampien (Rupélien) onderscheiden. Het Aquitanien wordt tot het Mioceen gerekend. Beschouwen wij deze étages en hun fauna's afzonderlijk, dan kunnen wij het volgende vaststellen.

De hoofdzakelijk conglomeratische, oligocene afzettingen, die in Piemonte en Ligurië discordant op de mergels en kalken van het Eoceen liggen, werden door SISMONDA in 1840 tot het Onder-Mioceen gerekend (het Oligoceen werd toen nog niet als afzonderlijk tijdvak van het Tertiair onderscheiden). PARETO voerde in 1865 de naam Bormidiano in, waarbij hij echter de drie genoemde étages samenvatte. ISSEL, MAZZUOLI en ZACCAGNA publiceerden in 1887 een kaart van Ligurië, waarbij zij ongeveer van dezelfde verdeling uitgingen als PARETO.

Tenslotte heeft SACCO in 1889 in zijn monografie over het tertiaire bekken van Piemonte de bedoelde formatie Tongrien genoemd, waarmee bedoeld is het „Tongrien inférieur” van DUMONT, dat dus overeenkomt met het Lattorfien en Sannoisien van andere auteurs. Deze

opvatting heeft algemeen ingang gevonden, zoowel bij Italiaansche als buitenlandsche geologen.

ROVERETO, die in het begin van deze eeuw eenige studies over deze oligocene formatie publiceerde, nam hetzelfde standpunt in. HAUG echter wijst in zijn „Traité de Géologie” op de overeenkomst, welke er tusschen de fauna van dit z.g. Tongrien en die van de „sable de Fontainebleau” en de „couches de Gaas”, waarvan de ouderdom Rupélien is, bestaat. Bovendien merkt hij op, dat in het z.g. Tongrien van Piemonte lepidocyclinen voorkomen. Dit zou een uitzondering zijn, daar tot nu toe nooit lepidocyclinen in lagen van Lattorfien-ouderdom gevonden zijn.

Naar aanleiding van deze opmerkingen heb ik de fauna van het z.g. Tongrien van Piemonte vergeleken met de fauna's, welke voorkomen in de étages Tongrien, Rupélien en Chattien van het bekken van Parijs, van het Tertiair van België, van het Noordduitsche tertiaire gebied, en van de afzettingen in de omgeving van Biarritz en Bordeaux.

Uit dit onderzoek bleek, dat 61 soorten van het z.g. Tongrien van Piemonte overeenkwamen met soorten uit de genoemde gebieden. Van deze 61 soorten werden slechts 6 uitsluitend in het Tongrien van de andere bekkens gevonden, 23 werden zoowel in Tongrien als Rupélien aangetroffen, 32 niet in het Tongrien, doch wel in het Rupélien. Voorts kwamen 7 van de 23 soorten, die zoowel in Tongrien als in Rupélien gevonden werden, eveneens in het Chattien voor. 7 van de 32 soorten, die niet in het Tongrien, doch wel in het Rupélien werden aangetroffen, waren tevens uit het Chattien bekend.

De verhoudingen voor de verschillende bekkens afzonderlijk zijn als volgt:

	<i>Soorten uit het Tongrien, van Piemonte</i>			
	Tongrien	Tongrien-Rupélien	Rupélien	Chattien
Parijs	1	4	23	1
België	4	4	17	0
N. Duitschland ...	2	7	10	13
Biarritz-Bordeaux	3	11	10	0

Hieruit blijkt duidelijk, dat de fauna van het z.g. Tongrien van Piemonte het meest overeenkomt met de fauna van het Rupélien van het bekken van Parijs. Ook de overeenkomst met het Rupélien van België is zeer overtuigend. In de fauna's van het Rupélien van Noord-Duitschland en van het gebied rond Biarritz en Bordeaux vinden we eveneens soorten, die met exemplaren uit het z.g. Tongrien van Piemonte overeenkomen, echter niet zooveel als in de beide eerstgenoemde gebieden. Daar staat tegenover, dat in deze gebieden het aantal overeenkomende soorten, dat uitsluitend in het Tongrien gevonden is, ook zeer klein is. Bovendien is het aantal overeenkomende soorten, dat tevens in het Chattien gevonden werd, in Noord-Duitschland tamelijk groot, namelijk 13. Ook dit verschijnsel wijst op een jongere ouderdom van de bedoelde formatie in Piemonte, dan Sacco haar toekende.

Uit deze resultaten meen ik te mogen besluiten, dat de door Sacco

ingevoerde indeeling onjuist is, en dat wij zijn Tongrien als Rupélien moeten classificeeren.

Het lijkt mij verkieselijker de door mij geraadpleegde literatuur over de oligocene fauna's der verschillende gebieden in een afzonderlijke literatuurlijst aan het einde van dit onderdeel van het hoofdstuk Stratigrafie te plaatsen. Zij is dan gemakkelijker te overzien, dan wanneer de artikelen verspreid zijn in de algemeene literatuurlijst.

Over de tweede étage van het Oligoceen kan ik kort zijn. De door Sacco Stampien genoemde formatie is betrekkelijk arm aan fossielen. Van de ongeveer 60 soorten, die uit deze formatie bekend zijn, bestaat meer dan de helft uit soorten, die ook uit de eerste étage van het Oligoceen bekend zijn. Slechts 2 van de 60 soorten komen in de jongere lagen van het bekken van Piemonte voor. We kunnen dus hoogstens vaststellen, dat er een nauwe verwantschap met het onderliggende Rupélien bestaat. Het is bij de huidige stand van onze kennis van de étage, welke Sacco Stampien heeft genoemd, niet mogelijk om met absolute zekerheid te bepalen welke ouderdom deze étage bezit. Een fauna, waarvan slechts 13 soorten overeenkomen met soorten uit andere gebieden, is niet geschikt om eenig resultaat op te leveren bij parallelisatie met étages uit andere bekkens. De verwantschap van de fauna met die van het Rupélien eenerzijds, en het bijna even groote verschil in soorten anderzijds rechtvaardigen mijns inziens de veronderstelling, dat de twee, lithologisch zoo sterk uiteenloopende formaties tot twee verschillende, op elkaar volgende étages behooren; in dit geval dus tot het Rupélien en het Chattien.

De jongste étage wordt gevormd door het Aquitanien. Fossielen zijn in het Aquitanien zelden gevonden. In de lijst van fossielen, welke Sacco aan het eind van zijn boek over het tertiaire bekken van Piemonte publiceerde, vinden we slechts 4 soorten in het Aquitanien. In een artikel, dat hij later, in 1905, schreef over de étages en de fauna's van het tertiaire bekken van Piemonte, noemt Sacco 112 soorten uit het Aquitanien. Hij merkt er echter bij op, dat deze fossielen alle afkomstig zijn uit de hoogste lagen van het Aquitanien, zoodat het ons niet behoeft te verbazen, dat er 57 soorten overeenkomen met vormen uit miocene lagen van het Piemonteese bekken en slechts 13 met vormen uit Rupélien en Chattien. Vergelijking van deze min of meer eenzijdige fauna met fauna's van andere bekkens leverde mij geen enkele bruikbare aanwijzing voor parallelisatie. Het is dan ook geheel in navolging van Sacco's interpretatie, dat ik deze formatie, die regelmatig op het Chattien volgt en waarboven wij duidelijk gekarakteriseerde miocene afzettingen zien verschijnen, tot het Aquitanien heb gerekend.

Er bestaat tusschen de stratigrafen nog steeds groote oneenigheid over de vraag, of het Aquitanien tot het Oligoceen, of tot het Mioceen behoort. Ik meen, dat het juister is het Aquitanien tot het Oligoceen te rekenen, zooals o.a. GIGNOUX doet. De oorspronkelijke indeeling van het Tertiair toch is gebaseerd op de verschillen in samenstelling der zoogdierfauna's. De fauna van het Aquitanien bestaat uitsluitend uit een verarmde Chattien-fauna, geen enkele nieuwe vorm verschijnt in deze étage. Daarentegen is het begin van het Mioceen gekarakteriseerd

door het verschijnen van de eerste Proboscidea, antilopen en menschen in het Burdigalien. Het belangrijkste bezwaar, dat tegenstanders van deze indeeling maken, ligt in het feit, dat buiten Europa, o.a. in Egypte, Proboscidea en menschen reeds gevonden worden in Tongrienafzettingen. Dit bezwaar lijkt mij niet onoverkomelijk, daar ook indeelingen gebaseerd op mariene fauna's steeds slechts binnen bepaalde geografische grenzen geldigheid bezitten. Aangezien nu de zoogdierfauna in Europa zeer goed bruikbaar is gebleken voor een onderverdeling van het Tertiair, meen ik, dat wij, althans in Europa, het Aquitanien tot het Oligocéen moeten rekenen.

Literatuur,

gebruikt bij de vergelijking van het Rupélien van Piemonte met oligocene afzettingen in andere gebieden.

- ALIMEN, H. Sur les bases paléontologiques d'une subdivision du Stampien dans le bassin de Paris. C. R. Acad. Sciences 27 déc. 1932.
- BOUSSAC, J. Note sur la succession de faunes nummulitiques à Biarritz. Bull. Soc. Géol. France 1908.
- VAN DEN BROECK, E. Coup d'oeil synthétique sur l'Oligocène belge et observations sur le Tongrien supérieur du Brabant. Bull. Soc. Belge Géol. etc. VII. 1893.
- COSSMANN, M. Révision sommaire de la faune du terrain oligocène marin aux environs d'Etampes. Journal de Conchyl. XXXI. 1891.
- COSSMANN, M. et LAMBERT, J. Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin aux environs d'Etampes. Mém. Soc. Géol. France 3e sér. tome III, 1884.
- DOUVILLÉ, H. Stratigraphie des couches de Gaas. Bull. Soc. Géol. France 1906.
- DOUVILLÉ, H. Le terrain nummulitique du bassin de l'Adour. Bull. Soc. Géol. France 1905.
- GIGNOUX, M. Géologie stratigraphique. Parijs 1936.
- HAMELIN, L. Les marnes sannoisiennes de Villejuif (Seine). Bull. Museum Hist. Nat. 1907.
- HAMELIN, L. et MOREN, M. Sur un nouveau gîte fossilifère stampien à Darvault près Nemours. Bull. Museum Hist. Nat. 1908.
- HAUG, E. Traité de Géologie. Parijs 1920.
- VON KOENEN, A. Das marine Mittel-Oligocän Norddeutschlands und seine Molluskenfauna. Palaeontogr. XVI. 1868.
- VON KOENEN, A. Das norddeutsche Unter-Oligocän und seine Molluskenfauna. Abh. z. geol. Specialk. v. Preuss. X. 1894.
- LEMOINE, P. Géologie du bassin de Paris. Parijs 1911.
- MEYER, O. Beitrag zur Kenntniss des märkischen Rupeltons. Berichte d. Senckenbergischen naturf. Ges. 1883.
- NOETHING, F. Die Fauna des samländischen Tertiärs. Abh. z. geol. Specialk. v. Preuss. IV. 3—4. 1885—'88.
- PRIEM, F. Sur les poissons fossiles du Stampien du Bassin parisien. Bull. Soc. Géol. France 1906.
- RUTOT, A. et v. D. BROECK, E. Excursion géologique dans le Limbourg. Ann. Soc. Géol. Belg. t. V. 1877—'78.
- SPEYER, O. Die Conchylien der Casseler Tertiärbildungen. Palaeontogr. IX, XVI en XIX.
- SPEYER, O. Die Tertiärfauna von Söllingen bei Jerxheim im Herzogtum Braunschweig. Palaeontogr. IX.
- SPEYER, O. Die ober-oligocänen Tertiär-Gebilde und deren Fauna im Fürstentum Lippe-Detmold. Palaeontogr. XVI.
- TOURNOUER, R. Considérations sur les Echinodermes du Calcaire à Astéries. Bull. Soc. Géol. France 1875.

- VINCENT, G. Liste des coquilles du Tongrien inférieur du Limbourg belge. Ann. Soc. R. Malac. Belg. t. XXI. 1886.
 VINCENT, G. Nouvelle liste de la faune conchyliologique de l'argile rupélienne. Ann. Soc. R. Malac. Belg. t. XXIII. 1888.

3. Beschrijving van het Rupélien.

Ten W van het besproken gebied is volgens SACCO het Rupélien uitsluitend vertegenwoordigd door grove conglomeraten. In de omgeving van het Val Scrivia komt daarin eenige verandering. Het onderste gedeelte van de formatie bestaat nog geheel uit het typische grove conglomeraat, dat ik naar de rivier de Borbera, die meer naar het oosten dit conglomeraat in een prachtige canyon doorsnijdt, Borbera-conglomeraat heb genoemd. Dit Borbera-conglomeraat heeft in het Val Scrivia een dikte van 350 m, terwijl de geheele Rupélienformatie hier ongeveer 1000 m dik is. Het conglomeraat is voornamelijk samengesteld uit veel rolsteenen van kalksteen, die over het algemeen overeenkomen met eocene kalksteen, enkele zandsteenrolsteenen, rolsteenen van schisten, granieten en serpentijn. Deze componenten variëren in grootte van vuistgrootte tot brokken van meer dan een halve meter diameter. Zij zijn veelal hockig of slechts weinig afgerond. Vooral de onderste lagen zijn sterk verkit door kalkig kitmiddel. Boven dit 350 m dikke Borbera-conglomeraat volgt in het Val Scrivia een rijke afwisseling van mergel-, zand- en conglomeraatlagen. Deze mergellagen zijn zelden dikker dan 1 dm. Ze zijn witgrijs van kleur, soms ziet men ze tusschen zandlagen uitwiggen. Het kalkgehalte is niet groot. De zandlagen variëren sterk in dikte: van enkele centimeters tot meer dan één meter. De dunne zandlagen zijn grof- of fijnkorrelig, de dikke steeds grofkorrelig. Zij zijn alle slechts weinig verkit. De dikke, grove zandlagen zien we op sommige plaatsen overgaan in lagen van fijn grind, welke op hun beurt weer overgangen te zien geven naar conglomeraten. Deze conglomeraatlagen, waarvan de componenten geen grooter diameter hebben dan 3 à 4 cm, variëren in dikte van $\frac{1}{2}$ tot 1 m. Ook in deze lagen zijn soms uitwiggingen waar te nemen. De samenstelling van deze fijne conglomeraten komt vrijwel geheel overeen met die van de reeds genoemde grove.

De dikte van dit complex werd door mij geschat op ruim 650 m. Een juistere dikte-bepaling was niet mogelijk, daar de lagen sterk ineengeplooid zijn (zie profiel X).

Oostwaarts neemt de dikte van het Borbera-conglomeraat snel toe, terwijl de zand-, grind- en mergellagen geheel verdwijnen. Bij Grondona in het dal van de T. Spinti en ten oosten van dit dal vinden we uitsluitend grove conglomeraten, slechts op enkele plaatsen afgewisseld door eenige onbeteekenende mergel- of zandlagen. Ten NW van Roccaforte Ligure bevinden zich tusschen enkele van deze zand- en mergellagen eenige lenzen, die geheel uit houtresten bestaan. Ook komen hier eenige donkergekleurde mergellagen voor, waarin SACCO zoetwater-mollusken heeft gevonden.

In het dal van de T. Spinti is de discordante ligging van het Borbera-conglomeraat op de eocene mergels en kalken bij de samen-

vloeiing met de R. Valbera en ook bij de meer zuidelijk gelegen grens tusschen Oligoceen en Eoceen duidelijk ontsloten. Wij kunnen de ondergrens van het Rupélien vanaf de Pian dei Poggi over T. Spinti en ten noorden langs Villa en San Martino in oostelijke richting vervolgen tot even ten E van Roccaforte Ligure. Ten S van deze grens vinden we het Borbera-conglomeraat terug in verschillende geïsoleerde plakken duidelijk discordant op het Eoceen. Binnen het besproken gebied vormen deze plakken: de Bric Neve, de hoogten, waarop de dorpjes Riva en Montecanne gelegen zijn, en de Bric Castellazzo. Ten S hiervan komen grotere plakken voor, die ten E en ten SE van Ronco Scrivia de toppen: M. Reale (903 m), M. Cravi (992 m), M. Amola (871 m), en M. Maggio (978 m) vormen.

Verder zuidelijk vinden we het Rupélien pas terug op het zuidelijk gedeelte van het schiereiland van Portofino, ten S van Santa Margherita Ligure. Ik noem dit ver buiten mijn gebied gelegen voorkomen van Rupélienconglomeraten, omdat hieruit belangrijke palaeogeografische conclusies zijn te trekken. ROVERETO heeft namelijk vastgesteld, dat in het conglomeraat van Portofino rolsteenen van sericietschisten en kwartsieten voorkomen, die volgens hem slechts afkomstig kunnen zijn van een kristallijn massief, dat zich ten S van Portofino, dus in de huidige Tyrreense Zee, bevond.

Vervolgen wij nu het Rupélien van Roccaforte Ligure noordwaarts, dan ontmoeten wij hier de grootste ontwikkeling van het Borbera-conglomeraat, dat een dikte bereikt van meer dan 2500 m, de grootste dikte, welke het Rupélien in deze streken bezit. Het geheele complex tusschen Roccaforte Ligure en Merlassino, in het oosten begrensd door Val Sisola en een gedeelte van het Val Borbera, in het westen door een onbelangrijke breuk, welke even ten E van Grondona in vrijwel zuiver noordelijke richting loopend het Rupélien van het Chattien scheidt, bestaat uit grove conglomeraten, waartusschen slechts bij hooge uitzondering een paar mergellagen voorkomen. Een buitengewoon mooi profiel door deze geweldige conglomeratafzetting is ontsloten in het ravijn van de T. Borbera tusschen Colonne en Persi.

Dit conglomeraat heeft ongeveer dezelfde samenstelling als het conglomeraat in het Val Scrivia. Ook hier overheerschen de rolsteenen van kalksteen, er komen echter meer zandsteenstukken voor, en minder schisten en granieten. Bovendien komen hier veelvuldig rolsteenen van brokkelige of splinterige mergels voor. Naast het volstrekt overheerschen van hoekige of weinig afgeronde rolsteenen vormen deze „mergelrolsteenen” een zeer duidelijk bewijs voor de geringe afstand, waarover het materiaal getransporteerd werd. Ten N van de Borbera-canyon zet het Rupélien zich nog eenige km in noordelijke richting voort, daarna verloopt het in NE richting tot Dernice, om vervolgens geheel naar het E om te buigen en de zuidelijke zoom van het bekken van Varzi te vormen.

De dikte van het Borbera-conglomeraat neemt daarbij over een afstand van 7 km, van de Borbera-canyon tot Dernice, af van ruim 2200 m tot ongeveer 2 m, terwijl de dikte van het geheele Rupélien over deze afstand vermindert van 2200 m tot ruim 1000 m. Het conglomeraat vormt hier niet, zooals dat in het Val Scrivia het geval was, de onderste

lagen van het Rupéliencomplex. Tusschen Colonne en Merlassino komt namelijk onder het Borbera-conglomeraat een formatie te voorschijn, welke bestaat uit zandbanken afgewisseld door zandige, brokkelige mergellagen. Naar het gehucht Ortaro heb ik deze formatie „Ortaro-serie” genoemd. Zij vormt hier het onderste Rupélien. Naar het S wordt de Ortaroserie tusschen Colonne en Merlassino afgesneden door de overigens niet zeer belangrijke Cantelupo-storing, die van Rocchetta Ligure tot 1½ km ten NW van Colonne het Rupélien van het Eoceen scheidt. Het is dus waarschijnlijk, dat de zandige formatie aan de basis van het Oligoceen zich nog over eenige afstand zuidwaarts voortzet. Gezien het snel toenemen in dikte van de formatie in oostelijke richting meen ik echter, dat deze afstand niet groot zal zijn.

Weinig ten NE van Merlassino begint zich tusschen de Ortarozanden en het Borbera-conglomeraat een complex te ontwikkelen, dat voornamelijk uit brokkelige mergellagen bestaat afgewisseld door enkele zandlagen. Ook dit complex neemt in oostelijke richting snel in dikte toe.

Ten E van Merlassino bereiken zoowel de Ortarozanden als de brokkelige mergels reeds bij de Poggio dell'Erta hun maximale dikte. De dikte der Ortaroserie bedraagt hier 350 m, die van de brokkelige mergels 275 m. De zandlagen der Ortaroserie zijn hierbij toegenomen in dikte en aantal. De afzetting bestaat nu uit dikbankige zandsteen met enkele zandige mergellagen er tusschen. Zeer fraai zijn de Ortarozanden ontsloten in het diep ingesneden dal van het bovenste deel van de T. Grue di San Gaudenzio, tusschen de Poggio dell'Erta en Dernice. Wij kunnen de formatie over Dernice vervolgen tot in het dal van de T. Arzola, waar zich een tektonische complicatie voordoet, die later besproken zal worden. Ten E van de Arzola-dwarsstoring vinden we de voortzetting van de Ortarozanden in de Costa Banella. De dikte van de afzetting neemt hier reeds belangrijk af. Bij Solarolo wiggen de Ortarozanden uit. Op de voortzetting in oostelijke richting van de brokkelige mergellagen kom ik later terug.

Zoals reeds opgemerkt vermindert de dikte der Borbera-conglomeraten in noordoostelijke richting zeer snel. Zij was tusschen Roccaforte Ligure en Colonne maximaal ruim 2500 m, in de Borbera-canyon bedroeg zij nog ruim 2200 m, ten NW van Merlassino is zij reeds afgenomen tot 1200 m, ten NW van de Poggio dell'Erta bedraagt zij nog slechts 700 m. Vervolgens vinden wij bij de M. Rivalta een dikte van nog geen 400 m. Ten E van de M. Rivalta zien wij de conglomeraten plotseling vrijwel geheel verdwijnen. Een conglomeraatbank van ongeveer 2 m dikte kunnen wij nog over Dernice oostwaarts vervolgen, in het dal van de T. Arzola vinden wij ook deze conglomeraatbank niet meer terug.

Bij dit verloop der Borbera-conglomeraten moet opgemerkt worden, dat wij in de conglomeraten van de M. Rivalta een instructief voorbeeld zien van afzetting van conglomeraten in een tevoren gevormde bedding. Terwijl de Borbera-conglomeraten ten SW van de M. Rivalta regelmatig boven de brokkelmergelserie liggen, zien we aan de zuidoostzijde van deze berg de conglomeraten over een afstand van 250 à 300 m als het ware in deze mergels en zanden liggen. Bij de bespreking van de palaeogeografie zal ik op dit verschijnsel terugkomen.

Ten E van de T. Arzola vinden wij de typische Borberaconglomeraten nog eenmaal terug ten E van Solarolo. Van deze plaats af strekken zij zich in een smalle strook aan de basis van het Rupélien uit over Montacuto, Costa dei Ferrai, Val Curone, Rio della Selva tot weinig ten W van Cella di Bobbio. Dit conglomeraat, waarin de rolsteenen van kalksteen nog sterker overheerschen dan in het Borberadal, bezit zijn grootste dikte bij Montacuto in het Musegliadal, waar het ruim 60 m dik is. In het Val Curone is het 40 m dik, in het dal van de R. della Selva nog slechts 25 m. Ook in deze strook van conglomeren zijn de meeste componenten hoekig of weinig afgerond. „Mergelrolsteenen” komen eveneens veelvuldig voor. De grootte der componenten is over het algemeen geringer dan in de vroeger beschreven Borberaconglomeraten.

Zoodra de dikte van het Borberaconglomeraat ten N van de Borberacanyon in belangrijke mate begint af te nemen, worden de bovenste lagen van het Rupélien gevormd door afwisselende lagen weinig verkit zand en zandige mergel. De laagjes zijn ongeveer 1 dm dik. De grens tusschen het Rupélien en het Chattien, dat in deze omgeving eveneens tamelijk zandig is, is vaak moeilijk te bepalen. Het verschil bestaat voornamelijk hierin, dat het Rupélien zandiger is, terwijl in het Chattien zandige mergellagen overheerschen. Dicht boven het Borberaconglomeraat vinden wij tusschen grijsblauwe, slecht gelaagde mergellaagjes soms nog conglomerationale lagen. Verder naar het noorden verdwijnen deze lagen geheel. Het complex zandig-mergelige lagen van het Boven-Rupélien neemt noordoostwaarts sterk in dikte toe. In het dal van de T. Grue di San Gaudenzio heeft het reeds een dikte van bijna 800 m. Het geheele gebied tusschen Dernice en de Caiellastoring wordt erdoor ingenomen.

Ten E van het Arzoladal treedt een geleidelijke verandering in het zandig-mergelige complex op, dat nu een dikte van ruim 900 m heeft, en bijna het geheele Rupélien vormt. De zandlagen worden dikker. Ze zijn echter zeer verschillend van dikte: lagen van 1 m worden afgewisseld door laagjes van 1 tot 2 dm. Ook de tusschenliggende mergellagen veranderen. Zij worden minder zandig, vaak zeer brokkelig en nemen in oostelijke richting in dikte en aantal toe. Conglomeratische lagen komen slechts bij uitzondering voor.

Verder oostwaarts, waar het Rupélien de buitenrand vormt van het synclinale bekken ten SW van Varzi, bestaat het, afgezien van de reeds besproken Ortarozanden en het Borberaconglomeraat aan de basis ervan, uit een formatie van 5 à 600 m brokkelige mergel met eenige zandbanken en zandlaagjes, waarboven een complex volgt van 3 à 400 m regelmatig afwisselende brokkelige mergels en zandige lagen. In de laatste 100 tot 150 m overheerschen de brokkelige mergels weer, echter steeds afgewisseld door enkele zandige lagen, zoodat de onderscheiding van Rupélien en Chattien, dat hier uit een lichtgrijze, brokkelige mergel zonder zandlagen bestaat, gemakkelijk is. Vaak is deze grens nog duidelijker, doordat de bovenste Rupélienlagen veelal uit enkele, dikke zandbanken bestaan, waarboven plotseling de lichte, brokkelige mergel van het Chattien verschijnt (zie fig. 5).

De reeds vermelde brokkelige mergellagen met enkele zandlagen, welke bij Poggio dell'Erta en Dernice de Ortaroserie van het Borberaconglomeraat scheiden, vereenigen zich in oostelijke richting met de brokkelige mergels, welke in het bekken van Varzi het grootste deel van het Rupélien vormen.

Het mergelige complex van het onderste Rupélien zien we vooral in de lage deelen van het landschap: Val Museglia, het breede deel van het Val Curone ten S van Fabbria Curone, het dal van de T. Braia, het bovenste gedeelte van het dal van de T. Lella. Het tweede complex, waarin de zandbanken dikker en talrijker zijn, vormt een aantal bergen langs de rand van de grens met het Chattien:

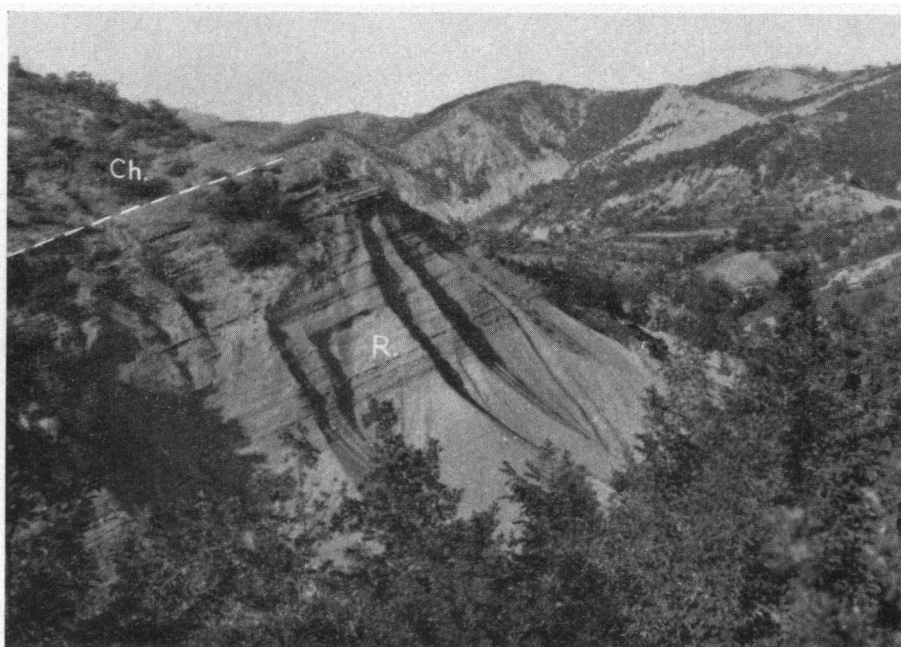


Fig. 5.

Grens tusschen Rupélien en Chattien in het dal van de T. Lella nabij de samenvloeiing van Lella en Begaina.
(R. = Rupélien, Ch. = Chattien).

M. Pianasso, M. Sigretta, M. Crocetta, M. Pesce Vergione, M. Caponega, M. Scabiolo.

Tenslotte moet ik het Rupélien bespreken, dat ten N van de Caiellastoring voorkomt. Het westelijke deel tusschen Avolasca en Musigliano kon door mij slechts onvolledig onderzocht worden. De noordelijke begrenzing moest gedeeltelijk overgenomen worden van de kaart van SACCO. Deze geheele strook bestaat uit brokkelige mergels met enkele zandlagen, afgewisseld door een aantal conglomeraatlagen. Deze zijn minder sterk verkit dan de Borberaconglomeraten. De com-

ponenten, welke met die der Borberaconglomeraten overeenkomen, zijn goed afgerond, hun diameter is meest niet grooter dan 1 dm.

We vinden deze formatie ten E van de Caiellapas terug in een smalle strook tusschen de Caiellastoring en het Stáfforadal. Ook hier bestaat zij uit brokkelige mergels met eenige conglomeraatlagen. De componenten van deze conglomeraatlagen zijn over het algemeen kleiner. In het noordelijkste deel van het dal van de T. Lella heeft dit Rupélien een eenigszins afwijkende facies. Tusschen de brokkelige mergels komen hier plaatachtige, fijnkorrelige, donkere zandsteen voor, die ik elders nooit in het Rupélien aangetroffen heb (zie fig. 13). In dit complex vinden we bovendien één sterk verkitte conglomeraatbank van 2 m dikte, waarvan de componenten een diameter van 1 à 2 dm bezitten, en een harde, tamelijk grofkorrelige zandsteenbank, van 1 m dikte. De tektoniek van dit complex is vrij ingewikkeld.

Ten N van het E—W loopende deel van het Stáfforadal komen in de omgeving van Varzi eenige brokken Rupélienconglomeraat voor, die onregelmatig onder het groote Helvetiencomplex van M. Succo—M. Cucco in de Argille Scagliose liggen.

4. Facies en Palaeogeografie van het Rupélien.

Zooals reeds uit de beschrijving van het Rupélien is gebleken, bezit het Rupélien in het bestudeerde gebied een groot aantal verschillende facies. Deze zoowel zijdelingsche, als verticale wisselingen van facies stellen ons in staat ons een duidelijk beeld te vormen van de verdeeling van land en zee, en van de stroomrichting en de grootte van de rivieren tijdens het geheele Rupélien.

Voor de verdeeling der verschillende facies raadplege men fig. 14.

In fig. 6 heb ik de lithologie en de dikte van het Rupélien in het bestudeerde gebied grafisch weergegeven. Zeer opvallend is in deze figuur de enorme dikte van de Borberaconglomeraten tusschen Persi en Rocchetta Ligure. Deze dikte is naar mijn idee uitsluitend te verklaren door aan te nemen, dat bij het begin van het Rupélien reeds een goed ontwikkeld relief in de ondergrond aanwezig was. Er bestaat namelijk geen enkele aanwijzing, waardoor een regelmatig en blijkbaar zeer sterk inzinken van dit gedeelte van het gebied te verklaren zou zijn.

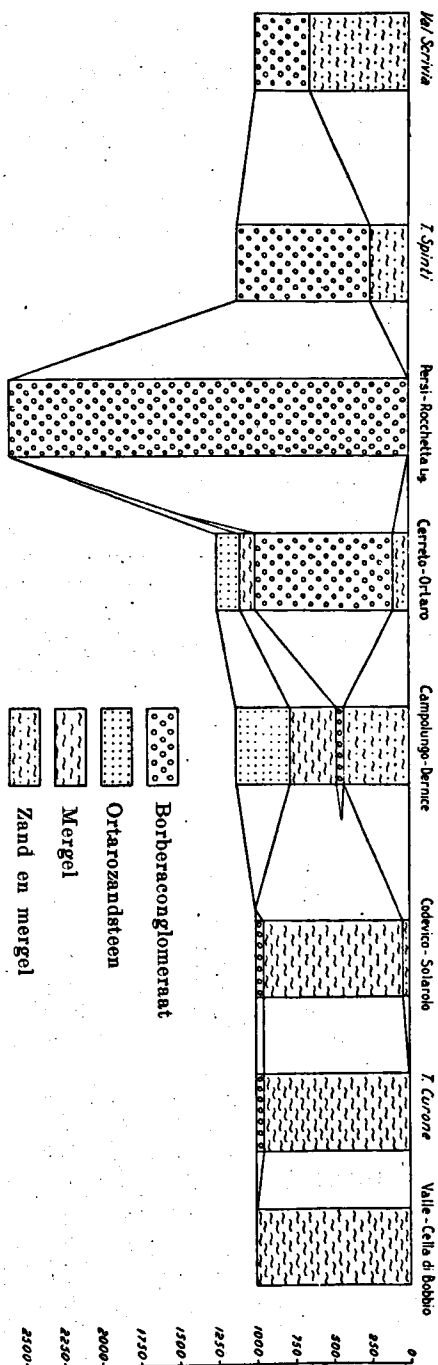
Daar in het Onder-Rupélien van eenige geïsoleerde plakken ten SW van ons gebied en van verschillende plaatsen uit de Turijsche heuvels foraminiferen gevonden zijn, neem ik aan, dat reeds in het Onder-Rupélien een zeebekken in Piemonte aanwezig was. De kust van dit zeebekken is vermoedelijk grootendeels een rias- of fjordenkust geweest.

Het Borberaconglomeraat vertoont, zooals reeds eerder opgemerkt is, in het gebied tusschen Persi en Rocchetta Ligure hoekige of weinig afgeronde componenten en rolsteen van brokkelige mergels. Dit wijst op een gering transport. Wij moeten dus aannemen, dat in het begin van het Rupélien een rivier van nabijliggend vasteland uitstroomde in een reeds bestaande trog. Deze riviermonding moet zich in westelijke richting over een aanzienlijke afstand uitgestrekt hebben. Daar werden de conglomeraten van de T. Spinti en van het Scriviadal afgezet, die

eveneens alle kenmerken van een gering transport bezitten. In noordoostelijke richting vinden we echter aan de basis van het Rupélien tusschen Merlassino en Solarolo dikke zandbanken. Ten E hiervan treffen we tusschen Solarolo en Cella di Bobbio een laag conglomeraten onderaan de Rupélienformatie aan. De groote stroom, die vanuit het S tusschen Val Scrivia en Merlassino in het toenmalige bekken uitmondde, heeft waarschijnlijk bij de aanvang van het Rupélien een zijtak gehad, welke in noordoostelijke richting tusschen Solarolo en Cella di Bobbio in zee stroomde. Tusschen deze beide uitmondngen bevond zich waarschijnlijk een ondieper gedeelte, waarop zand afgezet werd.

In de overige deelen van het gebied komt het allereerste Rupélien bijna niet aan de oppervlakte, zoodat wij ons slechts een gedeeltelijke voorstelling van de verschillen in diepte in het toenmalige bekken kunnen maken. Alleen in het N langs de Caiellastoring en ten N van deze storting vinden we enkele stukken basis-Rupélien. Deze bestaan, zoodat in de beschrijving reeds opgemerkt is, uit zanden en mergels met eenige conglomeraatbanken. Deze conglomeraten hebben kleinere en meer afgeronde componenten dan de Borberaconglomeraten. De aanwezigheid van conglomeraatbanken in deze zone wijst erop, dat de

Facies en dikte van het Rupélien.



Caiellastoring reeds vóór de aanvang van het Rupélien bestond, en dat de zoom van oudere sedimenten, die wij thans aan de noordzijde van de Caiellastoring waarnemen, reeds in die tijd een topografische hoogte vormde, welke de bekkens van Garbagna en Varzi aan de noordzijde begrensdde. Een schets van de diepteverschillen in de zee, welke bij het begin van het Rupélien het gebied overstroemde, heb ik in fig. 7 gegeven.

Kort na het begin van het Rupélien moet de zijstroom, welke noordoostwaarts het bekken instroomde en de conglomeraten tusschen Solarolo en Cella di Bobbio afzette, door een of andere oorzaak plotseling afgesneden zijn. Het is waarschijnlijk, dat van deze zijde weinig of in het geheel geen materiaal meer toegevoerd werd. Van de groote hoofdstroom, welke nog steeds grofklastisch materiaal bleef aanvoeren, werd het minder grove materiaal, voornamelijk zand, op de ondiepte van Dernice gesedimenteerd, terwijl het fijnere materiaal pas in het bekken ten E van deze ondiepte werd afgezet. Wij zien daardoor boven de conglomeraten tusschen Solarolo en Cella di Bobbio een afzetting verschijnen, die voornamelijk uit kleiig-zandige mergels bestaat, zooals reeds eerder beschreven is.

Na verloop van eenige tijd, welke naar mijn schatting $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ van het Rupélien omvat, treedt er een tweede maal een wijziging in de sedimentatie op. De hoofdstroom verlegt zich namelijk meer naar het westen. Het gevolg hiervan is, dat nu ook op de ondiepte van Dernice fijnkorreliger materiaal wordt afgezet. Dit vormt de brokkelige mergels met zandlagen, welke we boven de Ortarozandsteen zien verschijnen. In het oostelijk bekken worden in deze tijd vrijwel uitsluitend kleiige mergels gevormd. Zandlagen komen slechts bij uitzondering voor. Een volgend stadium begint ongeveer op de helft van het Rupélien. De diepe trog, waarin de hoofdstroom zijn grofklastisch materiaal gedurende de eerste helft van het Rupélien deponeerde, is nu vrijwel geheel opgevuld. Voor de tweede maal verplaatst de hoofdstroom zich, hij stroomt thans in veel oostelijker richting het bekken binnen. Zeer fraai kunnen wij dit vaststellen bij de M. Rivalta, waar we duidelijk zien, hoe een stroom een bedding groef, in de reeds eerder afgezette mergels en zanden, waarna deze bedding opgevuld werd met grofklastisch materiaal. Een gedeelte van de juist afgezette mergels en zanden werd dus weggespoeld. De met grofklastisch materiaal beladen hoofdstroom richtte zich oostwaarts tot tegen de ondiepte van Dernice. Op deze ondiepte werd nu ook eenig conglomeratisch materiaal afgezet, de kracht van de stroom bleek echter niet sterk genoeg te zijn om grofklastisch materiaal over de ondiepte van Dernice in het oostelijke bekken te transporteren.

Als ongeveer $\frac{2}{3}$ van het Rupélien voorbij is, heeft de sterkste afbraak van het achterland reeds plaats gehad. Wel wordt nog grofklastisch materiaal aangevoerd, doch in steeds verminderende mate. In fig. 6 zien we duidelijk, hoe de hoofdstroom tot het einde van het Rupélien tusschen Persi en Rocchetta Ligure het bekken blijft binnenstroomen, d.w.z. op de plaats, waar zich oorspronkelijk de diepe trog bevond. In het overige deel van het gebied wordt in het laatste stadium

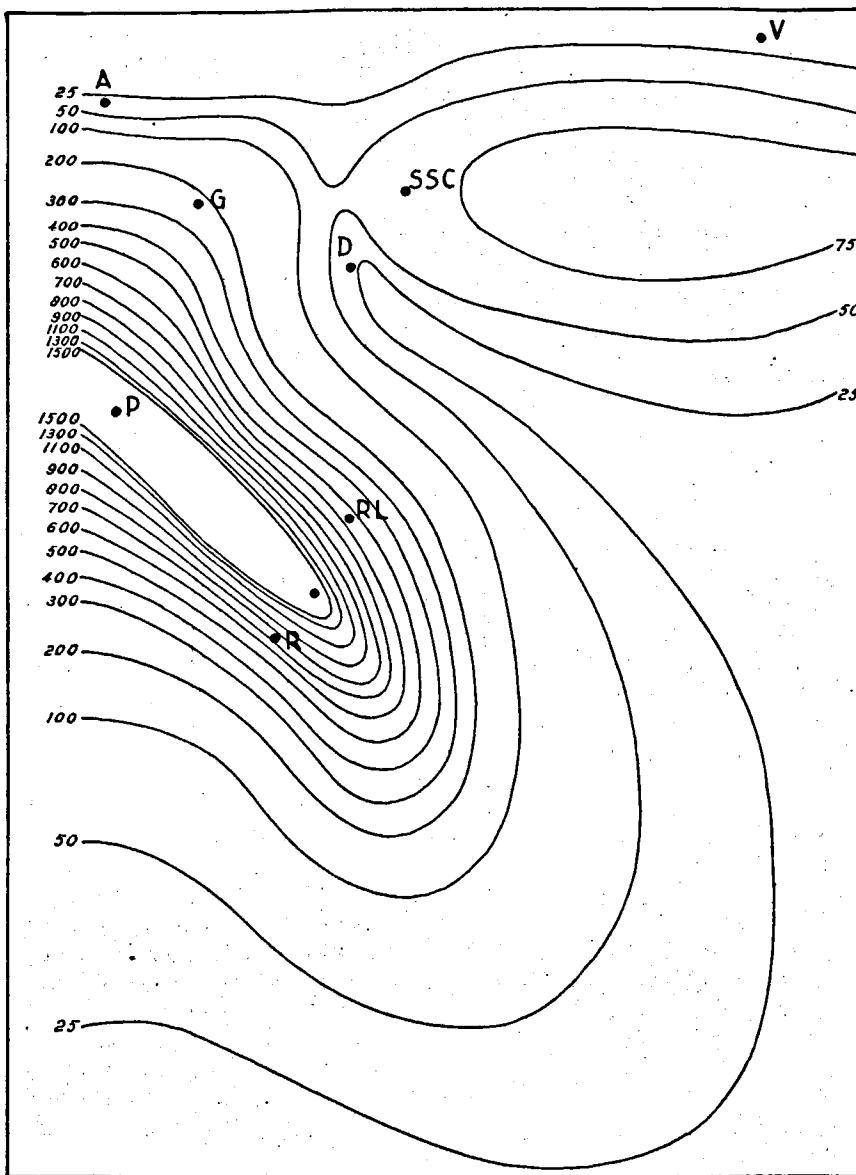


Fig. 7.

Schets van de diepteverhoudingen in het Rupélienbekken
bij de aanvang van het Rupélien.

A = Avolasca.	D = Dernice.
V = Varzi.	P = Persi.
G = Garbagna.	RL = Rocchetta Ligure.
SSC = San Sebastiano Curone.	R = Roccaforte.

van het Rupélien regelmatig ten W en ten E van de hoofdstroom minder grofkorrelig materiaal gesedimenteerd, terwijl op grotere afstand over het algemeen slechts fijnkorrelig materiaal wordt afgezet.

De zandbanken, welke we op de grens Rupélien—Chattien o.a. in het oostelijke deel van ons gebied zien verschijnen (zie fig. 5), zijn waarschijnlijk te wijten aan een algemeene regressie aan het eind van het Rupélien.

5. Beschrijving van het Chattien.

In het westen van het bestudeerde gebied is het Chattien in het Val Scrivia van het Rupélien gescheiden door een storing, naar boven gaat het regelmatig over in het Aquitanien. Het onderste Chattien wordt hier gevormd door een lichtgrijze, brokkelige mergel met weinig of geen gelaagdheid. De dikte hiervan bedraagt ongeveer 170 m. Daarboven volgt ongeveer 140 m goed gelaagde, lichtgekleurde mergel met eenigszins brokkelige verweering. Het bovenste Chattien bestaat uit dezelfde goed gelaagde mergel, echter nu afgewisseld door enkele zandbanken, een complex van ongeveer 40 m, dat naar boven toe heel regelmatig overgaat in de goedgelaagde, glimmerrijke zanden en zandige mergels van het Aquitanien.

Oostwaarts vervolgen wij het Chattien in en ten N van het dal van de T. Spinti tot in de omgeving van Grondona. De lichtgrijze, slecht gelaagde, brokkelige mergel neemt in oostelijke richting snel in dikte af, en is in de omgeving van Grondona in het geheel niet meer te vinden. Haar plaats wordt ingenomen door lichtgekleurde mergels met een eenigszins brokkelige verweering, afgewisseld door enkele zandige lagen. Het bovenste gedeelte is eveneens veel zandiger geworden. De goed gelaagde brokkelige mergel heeft plaats gemaakt voor regelmatig afwisselende zandlagen en zandige mergellagen, waarin soms een enkele dikkere, grofzandige of conglomeratische laag voorkomt; b.v. direct ten N van Grondona. Hoewel de bovenste helft van het Chattien dus veel zandiger is geworden, blijft het verschil met het eveneens zandige Aquitanien voorloopig nog duidelijk door het hoge glimmergehalte der Aquitanien-zand- en mergellagen. De geheele dikte van het Chattien is hierbij iets toegenomen en bedraagt in de omgeving van Grondona ongeveer 400 m.

Het Chattien vindt zijn voortzetting ten N van Grondona, buigt vervolgens ten N van het Borberadal in eenigszins noordoostelijke richting en verdwijnt tenslotte tegen de Caiellastoring. In het dal van de T. Borbera wordt het onderste deel van het Chattien aan het oog onttrokken door de reeds eerder genoemde storing, die tusschen Grondona en Roncoli het Rupélien en het Chattien scheidt. Het gedeelte van het Chattien, dat hier ontsloten is, bestaat uit regelmatig afwisselende zand- en mergellaagjes, die een dikte hebben van ongeveer 1 dm. De zandlaagjes zijn fijnkorreliger dan in de omgeving van Grondona, de mergellaagjes zijn iets minder zandig.

Ten N van het Borberadal wordt de afzetting weer zandiger. Op sommige plaatsen is de grens tusschen Chattien en Aquitanien, dat nu

minder glimmerrijk is, moeilijk te bepalen. Verder noordwaarts, in het gebied ten SE en ten E van Garbagna, bestaat het onderste Chattien uit mergellagen met zandlaagjes. De grens Chattien—Rupélien kan, zooals reeds eerder opgemerkt werd, vaak moeilijk bepaald worden. Het hogere gedeelte van het Chattien wordt ingenomen door regelmatig afwisselende zandlagen en zandige mergellagen van enkele dm dikte. De bovengrens van het Chattien is hier over het algemeen goed vast te stellen, daar het Aquitanien in dit gebied een zeer typische ontwikkeling heeft. De dikte van het Chattien is tusschen Grondona en het Borberadal vrijwel constant n.l. 400 m. Verder noordwaarts neemt zij regelmatig iets af, en is tenslotte ten N van het dal van de T. Grue di San Gaudenzio 350 m. Bij Rusconi in het Val Curone snijdt de Caiellastoring het Chattien abrupt af.

We vinden het Chattien terug in het bekken ten SW van Varzi. Het heeft hier een zeer gelijkmatige samenstelling: het bestaat vrijwel uitsluitend uit brokkelige, lichtgrijze mergels; alleen in het westelijke en zuidwestelijke deel van de ring, welke het Chattien rond het bekken van Varzi vormt, komen tusschen deze mergels enkele dunne zandlaagjes voor. De brokkelige mergel overheerscht echter steeds. Aan de westzijde van het bekken treedt het Chattien in een breede strook op, doordat tengevolge van de Martinetto-dwarsstoring een verdubbeling van de formatie plaats vindt. Aan de noordzijde van het bekken vinden we geen Chattien, daar de Caiellastoring aan deze zijde een breede strook van het bekken afsnijdt.

Ten N van de Caiellastoring vinden we noch in het besproken gebied, noch ten N hiervan het Chattien terug.

Op de plaatsen, waar de gemakkelijk verweerende, brokkelige Chattienmergel overheerscht, vinden we topografische laagten, veelal dalen met talrijke z.g. callanchen (fig. 8). Dit zijn korte, diepe insnijdingen in de hellingen, die ontstaan bij hevige regenval. In sommige streken komen zij in de Argille Scagliose-formatie eveneens veelvuldig voor. Als topografische laagten, in de gebieden met brokkelige Chattienmergel, kunnen we noemen: het dal van de T. Spinti tusschen Varinella en Grondona, waar alleen het onderste Chattien uit brokkelige mergel bestaat; het benedendal van de T. Riarasso met zijn noordelijke zijdal, de dalen van de R. Mogliarina en de T. Begaina in het bekken ten SW van Varzi.

6. Facies en Palaeogeografie van het Chattien.

De verschillen in facies van het Chattien (zie fig. 14) zijn in tegenstelling tot die van het Rupélien niet groot. In het Onder-Chattien van het Val Scrivia en in het Chattien van het bekken van Varzi vinden we de facies, welke in het algemeen als karakteristiek voor het Chattien van het bekken van Piemonte wordt beschouwd. Zooals reeds eerder is opgemerkt, bestaat het Chattien op deze plaatsen uit een lichtgrijze, brokkelige, gemakkelijk verweerende mergel, waarin over het algemeen geen fossielen voorkomen. SACCO meent in deze zeer homogene afzetting een sediment te zien van een tamelijk diep bekken. De zandige ge-

deelten van het Chattien, zooals wij die kennen uit het Boven-Chattien van het Val Scrivia en uit het Chattien tusschen Val Borbera en de Caiellastoring, zouden volgens Sacco in ondiepere zee afgezet zijn, terwijl de zandige gedeelten, waarin bovendien grindlagen optreden, zooals in de omgeving van Grondona, een afzetting in de nabijheid van de kust zouden vertegenwoordigen. Het lijkt mij niet noodzakelijk deze verdeeling van diepe en ondiepe gedeelten van de Chattien-zee in ons gebied aan te nemen. De verschillen in facies zijn waarschijnlijk beter te verklaren door verschillen in toevoer van terrigeen materiaal.

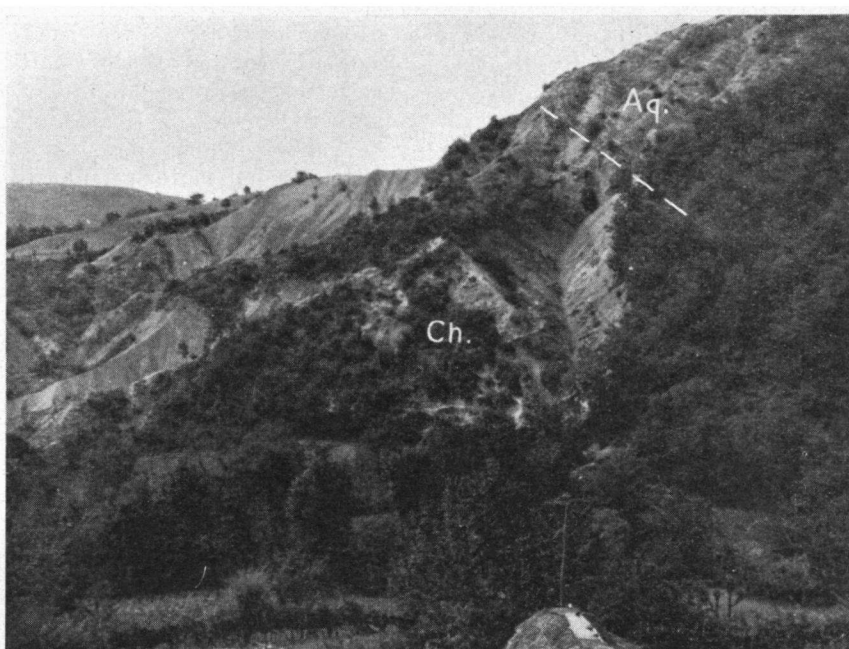


Fig. 8.

Grens tusschen Chattien en Aquitaniën in het bekken van Varzi in de nabijheid van Nivione. Men lette op de „callanchen” in het Chattien. (Ch. = Chattien, Aq. = Aquitaniën).

Tijdens het Rupélien werkte de erosie zeer sterk op het toenmalige vasteland. We constateerden dan ook, dat tegen het einde van het Rupélien minder terrigeen materiaal aangevoerd werd. Het relief was dus reeds sterk afgenomen. De kleine regressie en transgressie, welke Rupélien en Chattien scheiden, verminderden dit relief nog meer. Het is daarom niet verwonderlijk, dat in het Chattien minder toevoer van terrigeen materiaal plaats heeft dan in het Rupélien. Wij kunnen ons voorstellen, dat de groote stroom, welke tijdens het Rupélien tusschen Rocchetta Ligure en Persi in het bekken uitstroomde, ook in het Chattien nog bestaat. Hij heeft zich een weinig naar het westen

verplaatst en stroomt uit zuidelijke richting bij Grondona het bekken in. Wij vinden hier fijne en grove zanden en enkele grindbanken. De componenten van deze laatste zijn niet sterk afgerond, dus waarschijnlijk niet over groote afstand getransporteerd. Naar het westen zien we een geleidelijke overgang van deze zandige formatie naar het uitsluitend uit mergels bestaande Onder-Chattien van het Val Scrivia.

Voor deze geleidelijke overgang behoeven we geen dieper worden van de zee in deze richting aan te nemen. Het is waarschijnlijker, dat de Chattien-zee ondiep is geweest en een vlakke bodem bezeten heeft. De geleidelijke overgang van de grove zanden van Grondona naar de mergels van het Val Scrivia is eenvoudig te verklaren, doordat dichtbij de uitmonding van een stroom het grove, en verder in zee het fijne materiaal wordt afgezet. Het meer zandige Boven-Chattien van het Val Scrivia duidt dan op een geringe regressie van de zee, waardoor meer terrigeen materiaal aangevoerd wordt.

Beschouwen we het Chattien ten N van Grondona, dan zien wij eveneens een afnemen van de korrelgrootte van het materiaal, doch de afzetting blijft in dit gebied toch tamelijk zandig. Dit is mijns inziens gedeeltelijk te verklaren door aan te nemen, dat de stroomsnelheid in noordelijke richting het grootst was, waardoor het grove materiaal in deze richting over een grootere afstand getransporteerd werd. Behalve de richting van de stroom heeft echter in deze tijd evenals in het Rupélien het bestaan van ondiepten een rol gespeeld. Dit zijn ook thans weer de ondiepte van Dernice en de ondiepte aan de noordzijde van de Caiellastoring. De ondiepte van Dernice bewerkt ook nu weer, dat slechts het fijnkorrelige materiaal in het bekken van Varzi terecht komt, zoodat we daar een homogene, fijnkorrelige, kleiig-mergelige afzetting vinden. De ondiepte, welke door de Caiellastoring veroorzaakt wordt, is waar te nemen door het zandiger worden en door het afnemen van de dikte van het Chattien ten N van het dal van de T. Grue di San Gaudenzio.

7. Beschrijving van het Aquitanien.

Bestond er in het Rupélien en Chattien reeds eenig verschil van facies tussehen het bekken van Garbagna en dat van Varzi, in het Aquitanien is dit verschil zoo groot geworden, dat er vrijwel geen overeenkomst in de lithologische samenstelling van de beide formaties te vinden is. De eenige constante eigenschap van het Aquitanien, met uitzondering van een gedeelte der afzetting in de directe omgeving van Garbagna, bestaat uit het hooge glimmergehalte van alle zanden en zandige mergels.

In het westen van het gebied, in de omgeving van het Val Scrivia, bestaat het geheele Aquitanien uit goed gelaagde, glimmerrijke zanden en zandige mergels. De verschillende lagen hebben een dikte van 2 à 4 dm. Aan de basis van het Aquitanien neemt hun dikte af, we vinden een wisselende gelaagdheid van zanden en niet zeer zandige mergels, van 1 à 2 dm dikte. Deze lagen vormen de overgang naar het onderliggende Chattien. Ook de overgang naar het bovenliggende Langhien

is hier regelmatig en volkomen concordant. De grens is gemakkelijk te bepalen, daar in het Langhien witte, kalkrijke lagen optreden, die in het Aquitanien geheel ontbreken.

Vervolgen wij het Aquitanien langs de zuidzijde van het Borberadal stroomopwaarts tot Borghetto Borbera, dan zien we in de samenstelling van het Aquitanien weinig verandering. Ten N van dit plaatsje echter begint de geheele formatie geleidelijk veel zandiger te worden. Bovendien wordt de grens tusschen Aquitanien en Langhien niet meer door een regelmatige overgang gevormd. Vanaf de M. Alberola vinden we tusschen Aquitanien en Langhien een kleine discordantie. We kunnen deze in steeds toenemende mate waarnemen langs de kam van de heuvel, waarop de dorpen San Martino, Prato en Cervari liggen. Het sterkst is de discordantie bij Poggio Maggiore, waar het verschil in helling 8° bedraagt. Verder noordwaarts wordt de discordantie minder sterk. Tusschen Ramero en Oliva is zij nauwelijks meer waar te nemen.

Zooals reeds gezegd is, wordt het Aquitanien ten N van het Borberadal zandiger, d.w.z. de zandlagen nemen in dikte toe, de mergellagen af. Tevens worden de zandlagen grofkorreliger. Even ten N van Poggio Maggiore bestaat het Aquitanien van onder naar boven uit: zandige banken van $\frac{1}{2}$ tot 1 m dikte, waarin kalkige concreties en grindlazen voorkomen. Tusschen de zandlagen bevinden zich enkele dunne mergellaagjes. Hierboven volgt een complex dikke zandige banken regelmatig afgewisseld door kleig-zandige mergellaagjes. Verder noordwaarts in de omgeving van Garbagna en in het dal van de T. Grue di San Gaudenzio vinden we dezelfde afzetting; de zandbanken worden hier grofkorreliger. Tenslotte zien wij ten N van Fosola het geheele Aquitanien ontwikkeld als: $\frac{1}{2}$ tot 1 m dikke, grofkorrelige zand- of fijnkorrelige grindlagen met ertusschen zandig-kleige mergellaagjes van 1 à 2 dm. De helling van de Aquitanienlagen ten N van Garbagna is over het algemeen gering, zoodat de oppervlakte, die het Aquitanien in dit gebied beslaat betrekkelijk groot is. Evenals het Chattien wordt ook het Aquitanien door de Caiellastoring in het noorden abrupt afgesneden. Ten N van deze storing vinden we het Aquitanien terug in de synclinaal ten SE van Pozzol Groppo. Dit Aquitanienvoorkomen behoort tot het reeds genoemde Paveesche bekken. Het komt, wat facies betreft, overeen met het Aquitanien van het Borberadal.

Een groot deel van het bekken ten SW van Varzi wordt door het Aquitanien ingenomen. Evenals het Chattien heeft ook het Aquitanien vrijwel in dit geheele bekken een zelfde ontwikkeling. Aan de basis vinden we concordant boven de brokkelige mergels van het Chattien harde, fijnkorrelige, glimmerrijke zandsteenlagen van 1 tot 6 dm dikte, afgewisseld door goed gelaagde kleige mergels (zie fig. 8). Dit complex is ongeveer 50 m dik. Daarboven heeft het Aquitanien een regelmatige ontwikkeling: 10 m overheerschend mergel en 2 à 3 m overheerschend zandsteen wisselen af. De mergels zijn goed gelaagd; harde kalkige en zachtere kleige mergellaagjes wisselen af; enkele dunne, plaatachtige zandsteenlaagjes komen in het mergelcomplex voor (zie fig. 9). Het complex van 2 à 3 m zandsteen is eveneens goed gelaagd; het bestaat

uit fijnkorrelige zandsteenlagen van 6 à 7 dm dikte, afgewisseld door dunne plaatachtige zandsteenlaagjes en enkele mergellaagjes. Deze afwisselende complexen vormen het grootste deel van het Aquitanien. Zij hebben een gezamenlijke dikte van meer dan 500 m. Daarboven nemen



Fig. 9.

Aquitaniën in het bekken van Varzi aan de oostzijde van de Poggio di Dego.

de mergelcomplexen in dikte af, de zandsteenlagen beginnen te overheerschen. Ze zijn echter minder sterk verkit dan de reeds genoemde. Naar boven toe vinden we langzamerhand een regelmatige afwisseling van zandlagen en mergellagen, die een geleidelijke overgang naar het bovenliggende Langhien vormen.

De dikte van het Aquitanien in het Varzi-bekken bedraagt ruim

800 m, de dikte van het Aquitanien in de omgeving van Garbagna slechts 500 m.

8. Facies en Palaeogeografie van het Aquitanien.

De verschillen in facies van het Aquitanien (zie fig. 14) komen in groote trekken overeen met die van het Chattien. De geheele formatie is echter zandiger dan de vorige. Dit kan alleen verklaard worden door toevoer van meer terrigeen materiaal. De overgang van Chattien naar Aquitanien is in het Garbagna-bekken geleidelijk. We zien hoe langzamerhand de glimmerrijke Aquitanienzanden gaan overheerschen, de mergellagen nemen af en worden zandiger. Dit alles wijst op een regelmatige regressie, die na het Chattien aanvangt en gedurende het geheele Aquitanien voortduurt. Het is dus logisch, dat steeds meer terrigeen materiaal toegevoerd wordt. Tot grofklastische afzettingen komt het in ons gebied niet; hiervoor blijft het relief van het omgevende vasteland te gering. De zee is tegen het einde van het Aquitanien zoo sterk teruggetrokken, dat de ondiepte van Dernice boven het zeeniveau uitsteekt of slechts ternauwernood door zeewater wordt overstroomd. Hetzelfde geldt voor het gebied direct ten N van de Caiellastoring. Wij kunnen dit afleiden uit de samenstelling van het Aquitanien ten N van Garbagna. Vanuit het S komend zien wij namelijk de grofkorreligheid der zandlagen snel toenemen, we zien plotseling dikke lagen verschijnen, die uit een mengsel van grof zand en fijn grind bestaan. De mergellagen zijn tot dunne tussenlaagjes gereduceerd, zij wiggen soms tusschen grofzandige banken uit. In de zandlagen nemen we hier en daar onregelmatige afzettingsgelaagdheid waar. Al deze verschijnselen geven ons de indruk, dat we met een afzetting te doen hebben, die in de onmiddellijke nabijheid van de kust gesedimenteerd is. In dit verband wil ik er even op wijzen, dat ten NW van ons gebied, in de omgeving van Tortona, en in het oostelijkste deel der Turijnsche heuvels in het geheel geen Aquitanien voorkomt. Het ligt dus voor de hand aan te nemen, dat groote deelen van het bekken van Piemonte tijdens het Aquitanien niet of nauwelijks onder de zeespiegel hebben gelegen.

Wat tenslotte de facies van het Aquitanien in het bekken van Varzi betreft, moet opgemerkt worden, dat wij min of meer hetzelfde verschijnsel waarnemen als in het Chattien. Ook in het Aquitanien bereikt alleen fijnkorreliger materiaal dit bekken. Echter moet de toevoer van dit fijnkorrelige materiaal in verhouding grooter zijn geweest dan in het Chattien. Anders is het niet mogelijk te verklaren, hoe deze formatie, die hier uit fijnkorrelig materiaal werd opgebouwd, een dikte kon bereiken van 800 m, terwijl de grofkorrelige afzetting bij Garbagna in dezelfde tijd slechts een dikte van 500 m bereikte. We moeten dus aannemen, dat behalve over de ondiepte van Dernice ook van andere zijde rijkelijk fijnkorrelig materiaal in het bekken van Varzi stroomde. Bovendien moeten wij ons voorstellen, dat de bodem van het bekken van Varzi tijdens het Aquitanien in een relatief snel tempo daalde. Het is niet onwaarschijnlijk, dat tijdens deze snelle daling het

bekken af en toe een aanzienlijke diepte bezat. Hierdoor zou namelijk duidelijk worden, waarom sommige mergelcomplexen zeer kalkrijk zijn. Hoewel ik geenszins wil beweren, dat deze kalkrijkdom een absoluut bewijs levert voor sedimentatie in een tamelijk diep bekken, moeten we toch in ieder geval aannemen, dat het bekken van Varzi in het Aquitanien een belangrijk grotere diepte bezat dan het bekken van Garbagna.

De constante regressie tijdens het Aquitanien, welke wij uit het westelijke deel van het gebied konden afleiden, doet alleen in het allerlaatste deel van het Aquitanien zijn invloed gelden in het bekken van Varzi. Alleen in de laatste 250 m van het 800 m dikke complex begint zich een toenemen van zand en afnemen van mergel te vertoonen.

Gezien het groote verschil in de geschiedenis van het Aquitanien in het bekken van Garbagna en in het bekken van Varzi, behoeft het ons niet te verwonderen, dat wij in het eerstgenoemde bekken, waar wij een littorale facies leerden kennen, een discordantie tusschen het Aquitanien en het daarboven volgende Langhien waarnemen, terwijl wij in het bekken van Varzi een regelmatige en concordante overgang van Aquitanien naar Langhien zien.

D. Mioceen.

1. Algemeene Opmerkingen.

Het Mioceen, dat in het in kaart gebrachte deel van het bestudeerde gebied slechts een betrekkelijk geringe oppervlakte beslaat, omvat eenige der meest vermaarde étages van het bekken van Piemonte. De groote rijkdom aan fossielen van het Helvetien en het Tortonien heeft reeds lang geleden de aandacht van verschillende wetenschappelijke onderzoekers getrokken. Een groot aantal, vaak baanbrekende, palaeontologische werken is hiervan het resultaat geweest. Ook in ons gebied zijn Helvetien, in het in kaart gebrachte deel, en Tortonien, ten W hiervan, plaatselijk zeer rijk aan fossielen. Vooral de vindplaatsen ten N van Serravalle in het Tortonien en aan de voet van de Monte Vallassa in het Helvetien zijn zeer bekend.

Behalve door deze rijkdom aan fossielen neemt het Mioceen in het bestudeerde gebied een opvallende plaats in, omdat in het begin van het Mioceen een transgressie valt waar te nemen, welke in het Helvetien haar grootste uitbreiding bereikt, zoodat het Helvetien één van de weinige formaties is, die zich min of meer gelijkelijk over de verschillende bekkens van het gebied uitstrekt.

Het eind van het Mioceen is eveneens een belangrijk keerpunt in de geologische geschiedenis van het tertiaire bekken van Piemonte. Na het Helvetien trekt de zee zich steeds meer terug, groote deelen van de Noord-Apennijnen en van de z.g. subapennijnsche heuvels zijn na het Helvetien niet meer door de zee overstroomd. Tegen het einde van het Mioceen is de regressie zoover gevorderd, dat de sedimenten, welke op de grens van Mioceen en Pliocceen afgezet worden, lagunaire, zoetwater- of rivierafzettingen zijn. In het Pliocceen begint de zee opnieuw en voor

de laatste maal het bekken van Piemonte te overstroomden. In het volgende hoofdstuk zal ik hierop terugkomen.

De beschrijving van het Tortonien en Messinien heb ik wegens hun kortheid niet onderverdeeld in „Beschrijving” en „Facies”.

2. Stratigrafie en Palaeontologie.

Afgezien van de étage Aquitanien, welke ik bij de stratigrafie van het Oligoceen heb besproken, verdeelt SACCO het Mioceen van het bekken van Piemonte als volgt:

- 4 Messinien
- 3 Tortonien
- 2 Helvetien
- 1 Langhien

Over de juistheid van deze indeeling bestaat veel verschil van opvatting. Het is waarschijnlijk het meest verkieselijk deze indeeling voorloopig te handhaven.

HAUG wijst er in zijn „Traité de Géologie” op, dat het buitengewoon moeilijk is de verschillende miocene étages naar hun fauna's te onderscheiden. De verschillen in facies hebben in dit tijdvak meer invloed op de samenstelling der fauna's gehad, dan de verschillen in tijd. Een bathyale fauna van het Vindobonien vertoont meer overeenkomst met een bathyale fauna van het Plaisancien, dan met een neritische fauna van het Vindobonien.

GIGNOUX schrijft in zijn „Géologie Stratigraphique” in 1936, dat het buitengewoon moeilijk is een juiste indeeling van het Mioceen (en meer algemeen van het geheele Neogeen) op te stellen. Hij pleit ervoor eerst een goed afgebakende, locale indeeling te maken, alvorens met de grootste voorzichtigheid tot parallelisatie van de étages der verschillende bekkens over te gaan.

De naam Langhien werd in 1865 door PARETO ingevoerd, doch slecht gedefinieerd. De onder-miocene mergelformaties, welke SACCO onder de naam Langhien samenvatte, zijn door sommige auteurs tot het Burdigalien gerekend. Andere auteurs als FUCHS, DEPÉRET en SCHAFFER hebben de miocene afzettingen van Piemonte met die van het Weenske bekken vergeleken en zijn tot de conclusie gekomen, dat het z.g. Langhien overeenkomt met de Schlier van het Weenske bekken, waarvan de ouderdom Onder-Helvetien is. Beide veronderstellingen hebben echter weinig waarde. In het Langhien zijn slechts 39 verschillende soorten fossielen gevonden. Hiervan komen enkele overeen met vormen uit de Weenske Schlier, doch bij nauwkeurig onderzoek blijkt, dat deze vormen elders zoowel in Burdigalien als Helvetien en vaak ook in het Aquitanien voorkomen. Het lijkt mij daarom juister deze lithologisch duidelijke begrensde formatie met de naam Langhien aan te duiden en voorloopig in het midden te laten in hoeverre deze étage te paralleliseren is met onder-miocene étages uit andere gebieden.

De zandsteenformatie, welke SACCO Helvetien noemt en die zeer rijk aan fossielen is, (in ons gebied zijn dit vooral Pectinidae), ver-

toont voldoende overeenkomst met de oorspronkelijk als Helvetien gedefinieerde afzettingen van St. Gallen om als vaststaand aan te kunnen nemen, dat de plaatsing van deze étage in het Helvetien juist is.

De hieropvolgende, kleiige formatie, die bekend staat onder de naam Tortonien (naar Tortona, ten N van ons gebied), bezit eveneens een groote verscheidenheid van fossielen. Naast een zekere overeenkomst met de fauna van het Helvetien bestaan er tusschen Tortonien- en Helvetienfauna belangrijke verschillen, die misschien meer te danken zijn aan het verschil in facies dan aan het verschil in ouderdom. Hoe het ook zij, de verschillende auteurs zijn het niet eens over de stratigrafische waarde van de étage Tortonien. Over het algemeen verdient het, geloof ik, de voorkeur Helvetien en Tortonien samen te vatten als Vindobonien, wat thans ook vrij algemeen gebeurt. De grens Helvetien — Tortonien behoudt dan een meer lokaal karakter. Ik zal echter, om onduidelijkheid door het gebruik van teveel namen te vermijden, in het vervolg alleen over Helvetien en Tortonien spreken.

Tenslotte moet ik iets zeggen over de plaats, welke het z.g. Messinien in de stratigrafie inneemt. Uit het Messinien van Piemonte zijn slechts weinig fossielen bekend. Indien het werkelijk overeenkomt met de eveneens gipshoudende, boven-miocene afzettingen op Sicilië, is het mogelijk deze afzetting te paralleliseeren met het Sarmatien van Oost-Europa, dat een continentale facies van het Tortonien heet te zijn. Eenige Mollusken, o.a. *Macra podolica* en *Ervilia podolica*, welke typisch zijn voor het Sarmatien in Rusland, komen namelijk ook voor in het Messinien van Sicilië. Het is mij niet mogelijk na te gaan, in hoeverre deze parallelisatie recht van bestaan heeft. Indien echter het Messinien in het bekken van Piemonte geheel of gedeeltelijk tot het Tortonien gerekend moet worden, moeten wij tevens aannemen, dat er in Piemonte geen merkbare grens zou bestaan tusschen Tortonien en Pontien, of dat het Pontien zou ontbreken. Dit laatste is echter onwaarschijnlijk. Het is ongetwijfeld minder gecompliceerd om aan te nemen, dat het z.g. Messinien van Piemonte gelijk te stellen is met het Pontien, wat ik in de stratigrafische tabel voor het gemak ook gedaan heb. Zoolang echter geen palaeontologische feiten van deze formatie bekend zijn, die een duidelijk licht werpen op de plaats, welke zij in de stratigrafie inneemt, is het raadzaam de naam Messinien met een zeker voorbehoud te gebruiken.

3. Beschrijving van het Langhien.

In het Val Scrivia vinden we goed gelaagde, eenigszins zandige, kalkrijke mergels afgewisseld door witte, mergelige kalklaagjes en enkele concretionnaire, kalkrijke lagen. De aanwezigheid van witte, kalkige substantie in alle lagen van het Langhien, geeft deze afzetting een karakteristiek uiterlijk, waardoor ontsluitingen in Langhien-lagen reeds van verre duidelijk te onderscheiden zijn.

Vervolgen wij het Langhien aan de noordzijde van het Borberadal aan de voet van de heuvelreeks Monte Spineto — Costa delle Bolle, die

uit de meer resistente Helvetiezandsteen bestaat, dan zien we deze formatie, evenals wij bij het Aquitanien waarnamen, in oostelijke richting zandiger worden, echter in belangrijk sterkere mate dan bij het Aquitanien het geval was. De zandige mergels gaan over in kalkrijke zandbanken van 4 à 5 dm dikte, de tusschengelegen kalkrijke laagjes zijn een weinig zandig geworden, maar veranderen overigens niet, de concretionnaire kalklagen treden in kleiner aantal op. Ten N van Variano buigt de strook Langhien in iets noordelijker richting van het Borberadal af. De kalkrijke zandbanken overheerschen nu volkomen. Hooge heuveltoppen worden door deze resistente formatie gevormd. Zij vormen de onmiddellijke voortzetting van de reeds genoemde heuvelkam van Helvetiezandsteen. Het zijn hier de kalkrijke zandbanken van het Langhien, die de erosie de meeste weerstand bieden.

Nog zandiger en ook minder fijnkorrelig dan in het westelijke gedeelte is het Langhien, waaruit de heuvels tusschen San Martino en Poggio Maggiore zijn opgebouwd. Hier ligt het Langhien, zooals in het gedeelte over het Aquitanien reeds beschreven is, discordant op de oudere lagen.

Het gebied tusschen de heuvelkam San Martino — Poggio Maggiore en de westrand van het in kaart gebrachte deel van het bestudeerde gebied wordt geheel ingenomen door het kalkrijke, zandige Langhien. Tengevolge van de zwakke helling der lagen bestaat dit gebied uit een zwak naar het westen hellend plateau, waarin eenige rivieren zich diep ingesneden hebben. Vervolgen wij het Langhien langs de discordante grens Aquitanien — Langhien, die vanaf de M. Ronzone, even ten N van Poggio Maggiore, vrijwel recht noordwaarts loopt, dan zien wij, dat het hooge zandgehalte van het Langhien langzamerhand afneemt. De zandige mergels beginnen weer een belangrijker plaats in de formatie in te nemen. Deze verandering van facies is ook in de topografie duidelijk waar te nemen: aanvankelijk vormt het Langhien nog een heuvelkam, die het Aquitanienbekken van Garbagna aan de westzijde begrenst. Deze heuvelreeks loopt van de M. Ronzone noordwaarts over Bastita tot de M. Piasi. Het plateau-achtige karakter van het landschap ten W hiervan is echter reeds verloren gegaan. Tusschen de rivieren Rio Brutto en Rio Mazzapiedi worden de hoogste toppen: M. dei Ronchi en M. Provinera gevormd door de zandsteen van het Helvetien, dat eveneens zwak hellend concordant op het Langhien ligt. Ten N van de M. Piasi overheerschen de zandige mergels, die echter minder rijk zijn aan kalkrijke mergellaagjes, dan in de afzetting, die wij in het Val Scrivia leerden kennen. Het Langhien vormt nu niet langer de waterscheiding tusschen het stroomgebied van de T. Grue en de T. Scrivia. Evenals in het dal van de Borbera vormt het Helvetien hier een heuvelreeks, het Langhien kunnen wij aan de voet hiervan tusschen San Vito en de M. Crocetta vervolgen. Ten N van deze berg verloopt het Langhien in noordwestelijke richting en wordt een weinig verder afgesneden door de Caiellastoring. Tengevolge van de zwakke helling van Langhien en Helvetien in deze omgeving vinden we de zandige mergels terug in een deel van het diep ingesneden dal van de R. Ossoma (zie profiel VII a).

Wij vinden het Langhien in een eenigszins andere facies terug in het bekken ten SW van Varzi. Het bestaat daar uit kalkrijke, eenigszins zandige lagen en kleiige mergellagen van 1 à 2 dm dikte, waarin af en toe concretionnaire kalklagen voorkomen. De overgang van het Aquitanien naar het Langhien is regelmatig, er is geen spoor van discordantie. De formatie vormt de kern van het synclinale bekken van Varzi. Zij omvat het hoogste gedeelte der heuvels tusschen de bovenloop van de T. Dorbida en het Stáfforadal: Piano del Lago, Costa Grande, M. Curlo, M. Brugi, Costa di Martino.

Het vermoeden rijst, dat boven het Langhien van het bekken van Varzi het Helvetien discordant gelegen heeft. In de eerste plaats zou het transgressieve karakter van het Helvetien in dit gedeelte van het gebied aanleiding tot dit vermoeden kunnen geven; in de tweede plaats echter vinden we ten N van het E—W loopende deel van het Stáfforadal bij Sagliano di Crenna een smalle strook kalkrijke mergellagen met enkele zandige lagen en concretionnaire kalklagen van het Langhien, die duidelijk discordant onder het groote pakket Helvetienzandsteen liggen. Uit profiel I blijkt deze discordantie slechts weinig. Het noordelijk gedeelte van dit profiel heb ik met opzet eenigszins vereenvoudigd weergegeven, daar de weinige gegevens, die een vluchtig bezoek aan deze omgeving ten N van het bestudeerde gebied opleverde, niet voldoende waren om het juiste verloop van deze Langhienlagen vast te stellen. Bij de bespreking van de tektoniek zal ik op dit vraagstuk terugkomen.

Ten N van het besproken gebied vinden wij een dergelijke smalle strook Langhien langs de noordoostrand van het Helvetiencomplex ten N van Varzi. Voorts is het Langhien goed ontwikkeld in de reeds eerder genoemde synclinaal ten SE van Pozzol Groppo. Dit voorkomen behoort tot het Paveesche bekken van Sacco.

4. Facies en Palaeogeografie van het Langhien.

Het Langhien, zooals wij dat hebben leeren kennen in het bestudeerde gebied, wijkt in zijn facies eenigszins af van de algemeene facies, die typisch is voor het Langhien in het bekken van Piemonte. Dit vindt vooral zijn oorzaak in het grootere gehalte aan zand. In het Langhien van het Piemonteesche bekken komt slechts bij hooge uitzondering zand voor. Over het algemeen is het gekarakteriseerd door een hoog kalkgehalte van de mergellagen, waardoor deze een merkwaardige „ijzerklank” bezitten bij aanslaan met de geologische hamer. Bovendien komen tusschen deze mergellagen vrijwel steeds kalklagen voor, die uit een reeks kalkconcreties bestaan. Ik moet er echter nadrukkelijk op wijzen, dat deze concretionnaire kalklagen in bepaalde deelen van de Turijnsche heuvels ook in het Onder-Helvetien veelvuldig optreden.

Door het hooge kalkgehalte en door het voorkomen van verscheidene pteropoden (Balantium, Vaginella, Cavolinia, Carinaria) meent men in het Langhien een afzetting te moeten zien van een vrij diep bekken. Er zijn echter feiten, die een geheel andere interpretatie

mogelijk maken, en waardoor ik geneigd ben aan te nemen, dat het Langhien in een vrij ondiep bekken gesedimenteerd werd. Deze feiten zijn de volgende:

1. de geografische verspreiding van het Langhien in het bekken van Piemonte, doet ons vermoeden, dat in de Langhienzee talrijke ondiepten voorkwamen, terwijl uitgestrekte deelen van het bekken in deze tijd boven de zeespiegel waren gelegen. Dit maakt het onwaarschijnlijk, dat het Langhien in het bekken van Piemonte algemeen op groote diepte werd afgezet.

2. de kalkrijkdom der Langhienmergels wijst niet op sedimentatie op groote diepte; in de deelen, waar het Langhien een onmiskenbaar littoraal karakter heeft, zooals bij het Santuario di Crea in het oostelijke deel der Turijnsche heuvels en in de omgeving van Poggio Maggiore in het bestudeerde gebied, is het Langhien ondanks de littorale facies nog zeer kalkrijk. Er treden zelfs nog eenige concretionnaire kalklagen in op.

3. het voorkomen van pteropoden behoeft niet op sedimentatie in een diep bekken te wijzen. GARDINER heeft bij de Maldiven slikken met pteropoden gevonden op een diepte van minder dan honderd meter.

Het is onnoodig er de nadruk op te leggen, dat men bijzondere omstandigheden moet veronderstellen, om deze bijzondere afzetting in het Piemonteese bekken volledig te verklaren. Daar de typische Langhienfacies in mijn gebied niet voorkomt, laat ik het gaarne aan BEETS over een uitgebreide verklaring omtrent de ontstaanswijze van het Langhien te geven.

Over de facies van het Langhien in het bestudeerde gebied (zie fig. 14) valt niet veel op te merken. Uit de beschrijving is reeds gebleken, dat het Langhien in de omgeving van Poggio Maggiore een uitgesproken littoraal karakter heeft. Van Poggio Maggiore westwaarts naar het Val Scrivia en noordwaarts tot aan de Caiellastoring zien we de buitengewone rijkdom aan grofkorrelig zand regelmatig afnemen, zonder dat het Langhien zijn typische kalkrijke mergelfacies van de overige streken van het bekken van Piemonte verkrijgt. Ook in het bekken van Varzi vinden we een zandig-mergelig Langhien. Er zijn echter in palaeogeografisch opzicht eenige belangrijke feiten te constateren. Dit zijn de volgende:

1. het voorkomen van een uitgesproken littorale facies op 5 km afstand ten S van de Caiellastoring en op 6 km ten W van Dernice.

2. het voorkomen, naast de strandfacies van Poggio Maggiore van een niet-littorale facies bij de Caiellastoring in de omgeving van Avolasca.

3. een gering verschil in facies tusschen de afzettingen van het Garbagna-bekken en die van het bekken van Varzi.

4. het voorkomen van niet-littoraal Langhien bij Sagliano di Crenna weinig ten N van de Caiellastoring, op een plaats, waar Chattien en Aquitanien geheel ontbreken.

Uit de discordantie tusschen Aquitanien en Langhien in de omgeving van Poggio Maggiore is ons reeds gebleken, dat aan het einde

van het Aquitanien een kleine plooiing in het gebied heeft plaats gehad. Grootte discordanties vinden we niet, doch uit de bovenvermelde feiten blijkt duidelijk, dat een belangrijke wijziging in de geografie van ons gebied het gevolg is geweest van deze kleine plooiing. De ondiepte van Dernice is verdwenen, speelt althans geen rol meer in de geschiedenis van de beide bekkens. Voor het eerst is de ondiepte welke steeds ten N van de Caiellastoring was vast te stellen, nauwelijks merkbaar. Er bestaat een vrije verbinding tussehen het bekken van Varzi en het Paveesche bekken. De ondiepte, welke nu bij Poggio Maggiore aanwezig is, wijst op een totale wijziging in het verloop van de kustlijn. Het verschil in ontwikkeling van de bekkens van Garbagna en Varzi tijdens het Oligoceen en de geheel nieuwe ontwikkeling bij het begin van het Mioceen blijkt uit al deze feiten duidelijk.

5. Beschrijving van het Helvetien.

Het Helvetien wijkt van de overige tertiaire formaties, die de „subappenninische” heuvels samenstellen, af door zijn uitgesproken transgressieve karakter. Dit blijkt niet alleen uit de discordante ligging van het Helvetien van de Monte Vallassa en van het gebied ten N van Varzi, maar ook uit het feit, dat het Helvetien zoowel in de bekkens als op de randen, welke deze bekkens scheiden, voorkomt. Wederom in het W beginnend vinden we in het Val Scrivia het Helvetien als volgt ontwikkeld: concordant op de Langhienmergels zien we een 550 m dik complex, dat geheel bestaat uit goed gelaagde, dikbankige, eenigszins mergelige zandsteen. Grofzandige en minder grofzandige lagen wisselen regelmatig af. Hun dikte varieert van 1 tot 2 à 3 m. Vooral in de grofzandige lagen zien we af en toe kriskrasgelaagdheid en andere verschijnselen van afwijkende afzettingsgelaagdheid, zooals miniaturdiscordanties in één overigens volkomen concordante bank.

Boven dit complex volgt ongeveer 100 m minder sterk verkitte, eveneens iets mergelige zandlagen. Deze zijn goed gelaagd, maar over het algemeen niet dikker dan 1 m. Tenslotte vinden we nog 150 m zandige lagen met brokkelige, slecht gelaagde, zandige mergel ertusschen. Deze afzetting is rijk aan kleine, ondetmineerbare resten van mollusken, en gaat naar boven toe ongemerkt over in de zachte, een weinig zandige kleien van het Tortonien.

Wij kunnen het Helvetien over en ten N van de heuvelkam M. Spineto—Costa delle Bolle noordoostwaarts vervolgen. De afzetting, welke vrijwel dezelfde facies behoudt, valt grootendeels ten W van het in kaart gebrachte gebied. Bij de beschrijving van het Langhien werd er reeds op gewezen, dat de voortzetting van de heuvelreeks M. Spineto—Costa delle Bolle over een belangrijke afstand uit Langhien bestaat. Het Helvetien vormt dan hogere heuvels ten W van het genoemde Langhienplateau. Ten N hiervan grijpt het zwak hellende Helvetien weer ver in oostelijke richting over het Langhien heen. Eerst vormt het de toppen M. dei Ronchi en M. Provinera ten W van de waterscheiding; ten N hiervan vormt de formatie zelf de waterscheiding, bestaande uit de

heuvelreeks: M. di San Vito, M. Rosso, M. Crocetta, (Avolasca), Poggio del Moro.

Het Helvetien tusschen M. di San Vito en Avolasca is iets grofkorreliger dan het Helvetien van Serravalle in het Scriviadal. Bovendien komen hier meer fossielen in de formatie voor, echter nog niet in die hoeveelheden, zooals we die in het complex van de M. Vallassa aantreffen. De dikte van het Helvetien, in het gebied van Avolasca, zal naar alle waarschijnlijkheid geringer zijn dan in het Val Scrivia. Ik heb de westgrens van het Helvetien in dit gebied echter niet onderzocht, en zal dus van een schatting moeten afzien. Het Helvetien eindigt evenals de vorige afzettingen tegen de Caiellastoring. Het transgressieve karakter kunnen wij hier dus niet waarnemen.

In het bekken van Varzi komt het Helvetien niet voor. Ten NW van dit bekken echter ligt een groote plak Helvetienzandsteen discordant op de Argille Scagliose, direct ten N van de Caiellastoring. Dit is het Helvetien van de M. Vallassa, in de literatuur bekend als een der rijkste fossielvindplaatsen in de subapenninische heuvels. Het wordt aan de zuidoostzijde begrensd door de steile rand van de Monte Vallassa, strekt zich aan de westzijde uit over de M. Penola tot aan Serra del Monte, en vervolgens aan de noordzijde van Serra del Monte tot even ten E van C. di Carluccio. De noordoostzijde heeft op de kaart de vorm van een V, waarvan de punt in het diep uitgesneden dal van de T. Semola valt. In dit rivierdal is een prachtig profiel ontsloten. De formatie begint met ongeveer 100 m zandige mergels met zandlaagjes, welke volgens SACCO en BONI tot het Langhien behooren. Ik meen, dat het juist is ook deze lagen tot het Helvetien te rekenen, omdat

1. de kalkrijke, witte lagen en de concretionnaire lagen, welke wij steeds in het Langhien vinden, hier totaal ontbreken.
2. de facies noch met die van het Langhien van het bekken van Varzi, noch met die van de Langhienstrook bij Sagliano di Crenna overeenkomt.
3. het Langhien in het geheele gebied arm aan fossielen is, terwijl in de formatie in het dal van de Semola een tamelijk rijke fauna voorkomt.
4. de fossielen, welke in deze zandige mergels gevonden zijn, in het geheel niet overeenkomen met vormen uit het Langhien van het overige ligurisch-piemonteesche bekken.

De zandige mergels zijn van de echte Helvetienzandsteen gescheiden door een grenslaag, welke geheel uit een schelpenbreccie bestaat. Hierin nemen pectens de belangrijkste plaats in. Boven deze grenslaag verschijnen dikke, grofkorrelige, gele zandsteenbanken afgewisseld door dunnere, iets mergelige, grijsachtige zandsteenlagen. In deze formatie is de fauna veel rijker dan in de onderliggende zandige mergels. Pectiniden komen in ongeloofelijke hoeveelheden voor. Vooral sommige soorten, zooals b.v. *Chlamys scabrella*, die elders als een voornamelijk pliocene vorm beschouwd wordt, zijn sterk vertegenwoordigd. In vergelijking met deze hoeveelheid pectiniden is het aantal andere fossielsoorten vrij gering.

Dit zijn voornamelijk: Ostracidae, concreties van lithothamniën, bryozoën, Balanidae, enkele brachiopoden en echinodermen. Bij de bespreking van de facies van het Helvetien zal ik op de samenstelling van deze fauna terugkomen.

Exemplaren, welke ik zelf uit het Helvetien van de M. Vallassa verzamelde, bleven bij het uitbreken van de oorlog in Serravalle achter en konden dus niet gedetermineerd worden.

Minder rijk aan fossielen, doch in lithologische samenstelling zeer weinig van de formatie van de M. Vallassa afwijkend vinden wij het Helvetien terug in een groote plak ten N van het E—W loopende deel van het Stáfforadal.

Ten N van het bestudeerde gebied vinden we het Helvetien meest als tamelijk grove zandsteen op verscheidene plaatsen terug. Het komt niet alleen voor op de plaatsen van het Paveesche bekken, waarvan ik ook het voorkomen van Aquitanien en Langhien vermeld heb, doch bovendien op een aantal plaatsen, waar deze beide oudere étages ontbreken, zooals bij Fortunago, bij Villaromagnano en bij Tortona. Voorts vinden wij plakken Helvetien in het uiterst oostelijke gedeelte van de heuvels van Monferrato, n.l. bij Ponaro Monferrato en bij Pecetto di Valenza, discordant op oudere formaties, terwijl Langhien en Aquitanien in deze streken eveneens ontbreken. Uit al deze voorkomens blijkt duidelijk het transgressieve karakter van het Helvetien.

6. Facies en Palaeogeografie van het Helvetien.

Het Helvetien bezit in het geheele gebied een duidelijk littorale facies. Weliswaar is dit littorale karakter hier en daar minder uitgesproken, doch steeds zijn eenige kenmerken van sedimentatie in de onmiddellijke nabijheid van de kust te vinden. Wij moeten ons deze Helvetienkust voorstellen als een tamelijk vlakke kust met zandig strand. Hierop wijzen de volgende feiten: het Helvetien bezit in het geheele gebied een vrij gelijkmatige, zandige samenstelling; nergens vinden we een zoodanig afwijkende facies, dat wij een plaatselijk verschil in de topografie moeten aannemen om deze te verklaren, in het Helvetien van ons gebied treffen we nergens conglomeratische afzettingen aan, zoodat dus geen punt is aan te wijzen, vanwaar de grootste toevoer van het terrigene (zandige) materiaal plaats had.

Beschouwen wij de facies van het Helvetien in de verschillende deelen van ons gebied thans nader, dan kunnen we de volgende feiten vaststellen (zie fig. 14): in de directe omgeving van het Val Scrivia vinden we afwisselend grofkorrelige en fijnkorrelige zandbanken, waarin vaak kriskrasgelaagdheid en andere afwijkende afzettingsgelaagdheden voorkomen. We hebben hier klaarblijkelijk met een littorale afzetting te doen, die niet in de onmiddellijke nabijheid van de kust is gesedimenteerd. Waarschijnlijk was hier op eenige afstand van de kust een ondiep gebied, waarin talrijke zandbanken voorkwamen. Meer naar het oosten wordt het Helvetien grofkorreliger. In de omgeving van de M. di San Vito, op de M. Vallassa en in het Helvetien ten N van Varzi

vinden we een littorale afzetting, welke waarschijnlijk dicht in de nabijheid van de kust ontstaan is. We treffen in deze afzettingen lagen aan, die geheel uit verbrokkelde schelpresten bestaan. Bovendien vertoonen veel fossielen sporen van de vernielende werking, welke de golfslag uitgeoefend heeft. Voorts vermeldt BONI uit het Helvetien van de M. Vallassa verschijnselen, welke op de aanwezigheid van boormosselen zouden wijzen.

De palaeogeografische conclusies, die wij uit deze feiten kunnen trekken, zijn eenvoudig. Voorzover het ons gebied betreft, moet de kustlijn van W naar E op een afstand van 5 à 10 km ten S van het Helvetien van het Val Scrivia in oostelijke richting gelooopen hebben. Zij moet vervolgens in noordoostelijke richting omgebogen zijn en met een boog langs Garbagna tot dichtbij de M. Vallassa gelooopen hebben. Vandaar heeft zij vermoedelijk min of meer de zuid- en oostzijde van het bekken van Varzi gevolgd. Dit laatste concludeer ik uit het feit, dat de littorale kenmerken in het Helvetien van de M. Vallassa in zooveel grooter aantal aanwezig zijn, dan in het overigens lithologisch vrijwel gelijke Helvetiencomplex ten N van Varzi, dat ik meen een grootere verwijdering van de kustlijn ten opzichte van dit laatste complex te moeten aannemen. Het is dus ook om palaeogeografische redenen waarschijnlijk, dat boven het Langhien in het centrum van het bekken van Varzi oorspronkelijk Helvetien aanwezig is geweest.

7. Tortonien.

Binnen de grenzen van het bestudeerde gebied komt het Tortonien alleen buiten het in kaart gebrachte deel voor in het dal van de Scrivia. Het bestaat daar uit weinig resistente, lichtgrijze kleien, waarin weinig ontsluitingen voorkomen, doch waarvan de ligging in het Scriviadal duidelijk zichtbaar is door de depressie in de topografie tusschen de gedeelten, die bestaan uit Helvetienzandsteen en die, welke uit het zandige en conglomeratische Messinien zijn opgebouwd.

In de overige deelen van het bekken van Piemonte komt het Tortonien veelvuldig voor. De facies is vrijwel overal dezelfde. Steeds zien we lichtgekleurde, gemakkelijk verweerende, vruchtbare kleien, waarin over het algemeen weinig of geen fossielen voorkomen. Dat het Tortonien niettemin als een fossielrijke étage van het Piemonteese gebied bekend staat, is te danken aan het feit, dat het op de weinige plaatsen, waar fossielen voorkomen, een bijna ongeloofelijke rijkdom aan soorten bezit. Onder deze beroemde fossielvindplaatsen bevinden zich twee in de onmiddellijke nabijheid van ons gebied, n.l. één ten NE van Stazzano en één bij het dorp Sant'Agata Fossili, dat zijn bijnaam aan deze vindplaats te danken heeft.

In de over het algemeen homogene, lichtgekleurde kleien van het Tortonien komen volgens SACCO op sommige plaatsen enkele zandlagen en grindlenzen voor. Bovendien noemt hij het plaatselijk voorkomen van een moerasfacies van het Tortonien, die hij vergelijkt met de afzettingen van het Sarmatien. Zand- en grindlenzen vermeldt SACCO

o.a. uit het gebied ten N van Cuquello, dat tussehen Stazzano en Sant'Agata Fossili ligt.

Evenals SACCO beschouwen HAUG en GIGNOUX het Tortonien van het bekken van Piemonte als een afzetting in een vrij diepe zee. Zij vergelijken het Tortonien in dit opzicht met het Langhien. Ook in het Tortonien komen namelijk veel pleurotomen en pteropoden voor. SCHAFFER heeft er echter in 1899 reeds op gewezen, dat deze pleurotomen en pteropoden hier voorkomen in gezelschap van afgeronde schelpen van neritische mollusken. Om de vermenging van deze beide fauna's te verklaren neemt HAUG onderzeesche afschuivingen aan. Het zou natuurlijk mogelijk zijn een dergelijk verschijnsel aan de afzetting zelf te controleeren. Uit de beschrijving van SACCO blijkt echter niets wat erop zou kunnen duiden.

Bij de beschrijving van de facies van het Langhien heb ik reeds opgemerkt, dat GARDINER bij het onderzoek van recente zeeafzettingen pleurotomen en pteropoden gevonden heeft in slikken, die op een diepte van minder dan 100 m gesedimenteerd waren. Het feit, dat SCHAFFER tussehen de pleurotomen en pteropoden van het Tortonien schalen van neritische mollusken gevonden heeft, die afrondingen vertoonden, welke waarschijnlijk aan golfwerking zijn toe te schrijven, lijkt mij naast het voorkomen van zand- en grindlenzen en van een plaatselijke moerasfacies een bewijs temeer, dat het Tortonien afgezet is in een ondiepe zee.

De oopenhooping van fossielen op enkele plaatsen is dan te verklaren door stroomingen, die leege schalen op bepaalde plaatsen bijebrengen, waarbij wij natuurlijk aan moeten nemen, dat op sommige van deze plaatsen de omstandigheden gunstig zijn geweest voor de conservering van deze resten.

Tussehen Helvetien en Tortonien bestaat in het Val Scrivia een regelmatige overgang, elders in het Piemonteese bekken vinden we echter een geringe discordantie. Het is daarom wel zeker, dat de zee zich tegen het einde van het Helvetien min of meer terugtrekt, om bij het begin van het Tortonien het bekken opnieuw te vullen. Ik geloof echter niet, dat de Tortonienzee veel dieper is geweest dan de Helvetienzee. Het is mijns inziens juister het groote verschil in facies te verklaren door veranderde omstandigheden in de directe omgeving van het bekken van Piemonte. De omliggende gebieden, welke tijdens het Helvetien boven de zeespiegel uitstaken, zullen bij het begin van het Tortonien grootendeels afgeërodeerd zijn, zoodat nog slechts weinig materiaal naar het bekken getransporteerd werd.

Ik stel mij dus voor, dat het Tortonien afgezet is, in een tamelijk ondiep bekken, dat ingesloten was door gebieden, die slechts weinig boven het zeeniveau uitstaken.

8. Messinien.

Ook het Messinien komt binnen de grenzen van het bestudeerde gebied alleen in het dal van de Scrivia voor. Het begint hier met grijzige of geelachtige mergels, die over het algemeen zandig zijn.

Tusschen deze zandig-mergelige lagen vinden we in het Scriviadal en ten NE ervan groote gipslenzen. De grootste liggen in het gebied ten NE van Serravalle: ten W van het dorp Sardigliano, bij Giusulana en ten N van Sant'Agata Fossili.

Het Midden-Messinien bestaat in het Scriviadal uit conglomeratiese lagen afgewisseld door complexen zandlagen, waarin grof- en fijnkorrelige lagen onregelmatig afwisselen. De componenten van de conglomeratiese lagen zijn zelden grooter dan 5 cm (diameter). Zoo- wel in de conglomeratiese, als in de zandige lagen kunnen we vaak kriskrasgelaagdheid constateeren. Het Boven-Messinien, dat wij ten N van de brug over de Scrivia tusschen Serravalle en Cassano aantreffen, bestaat uit grijsgelige mergels met enkele mergelige zandlagen. Sacco heeft in deze lagen zoet- en brakwaterfossielen gevonden.

In het geheele bekken van Piemonte heeft het Messinien een dergelijke lagunaire facies als in het Val Scrivia. Plaatselijk bestaan er natuurlijk groote verschillen in de wijze van sedimentatie. Een algemeen kenmerk van het Messinien in het S van het Piemonteese bekken is het voorkomen van groote en kleine gipslenzen in de onderste lagen van de formatie. Uit de geologische gesteldheid van het oostelijke deel der Turijnsche heuvels blijkt, dat in deze heuvels de gipslenzen in het Midden-Messinien gelegen zijn.

Vatten wij de gegevens over het Messinien samen, dan kunnen we vaststellen, dat de zee in het Messinien zich snel terugtrekt. In afgesloten bochten wordt door verdamping gips uit het zeewater neerslagen. Dit gebeurt in het begin van het Messinien langs de buitenrand van het bekken, in het midden van het Messinien ook in de ondiepten meer in het midden van het bekken.

De omliggende, boven het zeeniveau uitstekende gebieden krijgen door de regressie weer meer relief, zoodat we in het Midden-Messinien rivierafzettingen zien verschijnen.

Tenslotte heeft de zee zich volledig teruggetrokken en bestaat het bekken nog slechts uit meren en moerasland.

E. Pliocene en Kwartair.

Het Pliocene wordt in het bekken van Piemonte verdeeld in Plaisancien (Piacenziano), Astien en Villafranchien. In het bestudeerde gebied komen deze étages niet voor. Mijn onderzoek heeft zich namelijk niet verder noordelijk uitgestrekt dan tot de bovengrens van het Messinien in de onmiddellijke omgeving van Cassano.

Voor de geologische geschiedenis van het deel der Noord-Apenijnen, dat ik thans bespreek, is het voldoende op te merken, dat na de groote regressie in het Messinien een transgressie in het geheele Piemonteese bekken het begin van het Pliocene inluit. Daarop volgt reeds in het Astien een regressie, waarna de zee voorgoed uit het bekken van Piemonte verdwijnt.

Ook over het Kwartair kan ik kort zijn. Pleistoocene vinden we alleen buiten het gebied in de vlakten van de Tánaro en van de Po,

en ten SE van het gebied als moraine-afzettingen in de hogere deelen der Noord-Apennijnen. Holocene is in de typische Apennijnendalen met hun ontzaglijk breede rivierbeddingen goed vertegenwoordigd. Het bestaat vooral uit rolsteenen van de meest resistente afzettingen, dat zijn dus kalk- en zandsteenen uit het Eoceen en voorts de uitgepreparaerde en opnieuw getransporteerde componenten van de Rupélienconglomeraten.

IV. TEKTONIEK.

A. Korte schets van de geschiedenis van de tektonische interpretatie der Noord-Apennijnen.

In de vorige eeuw waren de onderzoekers, die zich bezig hielden met de geologie van de Noord-Apennijnen, zoo weinig op de hoogte van de complicaties, welke de tektonische bouw van een gebied met zich mee kan brengen, dat er onder deze, vaak uitsluitend palaeontologische onderzoekers groote meeningsverschillen ontstonden ten aanzien van de stratigrafie der Noord-Apennijnen. Werd bijvoorbeeld in een bepaald profiel Krijt gevonden boven Eoceen, dan hielden de onderzoekers, die de eocene fossielen hadden gevonden, ondanks alles vol, dat de bovenliggende lagen eveneens een eocene ouderdom moesten bezitten. Zoo is de beroemde strijd om de ouderdom der Argille Scagliose begonnen.

Onder deze oude onderzoekers was SACCO behalve geoloog tevens de meest consequente palaeontoloog. Als ergens Krijt boven Eoceen gevonden werd, trachtte hij niet een gewrongen interpretatie te geven aan de palaeontologische feiten, doch hij zocht naar een geologische meest tektonische oplossing van het fenomeen. Hij meende deze gevonden te hebben in het verschijnsel der z.g. liggende plooien. Zoo interpreteert SACCO b.v. het reeds genoemde profiel van ROVERETO tusschen de Brallo en Bobbio als twee liggende anticlinalen. Het is inmiddels duidelijk gebleken, dat deze interpretatie onjuist is. We hebben hier met een groote overschuiving te doen.

Na 1900 komt een stroom van geheel anders georiënteerde onderzoekers naar de Noord-Apennijnen. Van deze is DE LAUNAY (in 1906) de eerste geweest, die althans plaatselijk in de Noord-Apennijnen een dekbladenbouw meende te ontdekken. Kort na hem publiceert STEINMANN eenige opmerkingen, waarin hij als zijn meening te kennen geeft, dat de geheele bouw der Noord-Apennijnen door dekbladenbouw te verklaren is. Hiermee is de groote stoot gegeven: talrijke onderzoekers begeven zich naar de Noord-Apennijnen om deze dekbladenbouw te bewijzen, waarin zij meenen te slagen. Onder deze onderzoekers moeten genoemd worden: LENCEWICS, STILLE, KOBER, TEICHMÜLLER, TILLMANN, LUDWIG, DE WJJKERSLOOTH. Algemeen komen zij tot de conclusie, dat in de Noord-Apennijnen de „Liguriden” over de min of meer autochthone „Toscaniden” zijn geschoven.

De Liguriden omvatten het geheele Mesozoicum, van de Toscaniden komt in ons gebied en in de omgeving ervan alleen Eoceen voor. Het valt buiten het bestek van dit werk een uitvoerige kritiek op de dekbladenhypothesen te geven. Ik wil mij ertoe beperken op te merken,

dat het mijns inziens mogelijk is, dat in de Noord-Apennijnen dekbladenbouw optreedt. Het is echter zeer te betreuren, dat geologen met wereldbekende naam, als STEINMANN, KOBER en STILLE, op grond van zoo weinig gegevens in een zoo slecht en onvolledig onderzocht gebied als de Noord-Apennijnen een zoo vérstrekkende, éénzijdige hypothese hebben durven opbouwen. Dit is te meer te betreuren, daar zij de leermeesters zijn van scherpe waarnemers en grondige onderzoekers als b.v. TEICHMÜLLER en SCHNEIDER, die onder hun invloed de waardevolle gegevens, welke zij tijdens hun eenigszins vluchtige bezoeken aan de Noord-Apennijnen wisten te verzamelen, slechts wisten te zien in het licht van de vooropgestelde dekbladenhypothese. In dit verband wil ik nog opmerken, dat STILLE in een lezing, welke hij eenige jaren geleden te Leiden hield, als zijn meening te kennen gaf, dat het zeer de vraag is, of in de Noord-Apennijnen inderdaad een dekbladenbouw aanwezig is, zooals die tot nu toe verondersteld werd.

Tenslotte moet ik er op wijzen, dat de onderzoekingen, welke voornamelijk in de streek van Emilia hebben plaats gevonden met het doel exploitabele hoeveelheden aardolie op te sporen, tot resultaat hebben gehad, dat een nieuw tektonisch fenomeen in de bouw der Noord-Apennijnen ontdekt werd: namelijk dat der diapiere plooiën. FOSSAMANCINI, ANELLI, BELLUIGI en talrijke andere onderzoekers hebben zich met dit verschijnsel beziggehouden. Het gaat hier om de Argille Scagliose-formatie, die diapier door de kernen van anticlinalen, welke in de ondergrond van de vlakte aan de noordoostzijde der Apennijnen in NW—SE richting verlopen, is doorgebroken. De ontdekking van dit fenomeen zal er ongetwijfeld toe bijdragen vele raadselen in de geologie der Noord-Apennijnen op te lossen.

B. De tektoniek van het bestudeerde gebied.

1. De Caiella-storing.

De Caiellastoring vormt, naast de Arpeselle-overschuiving, het belangrijkste tektonische fenomeen van ons gebied. Zij loopt van Varzi langs de zuidelijke rand van het E-W gedeelte van het Val Stáffora, over de Caiellapas, langs Musigliano, Rusconi, Boschi tot dicht bij Avolasca in vrijwel zuivere E-W richting. Ten S van Varzi ontmoeten we in het diep ingesneden dal van de T. Lella een aantal breuken, die misschien als het divergeerende oosteinde van de Caiellastoring beschouwd zouden kunnen worden. Ik geloof echter, dat ook een andere verklaring voor dit breukenstelsel kan worden gegeven. Ik kom hier later op terug. Mijn onderzoekingen hebben zich niet ver genoeg noordoostwaarts uitgestrekt om na te kunnen gaan, of de Caiellastoring in het voornamelijk eocene gebied ten E van Varzi zich nog verder voortzet. Zeker zal daar bij de kruising van Caiellastoring en Arpeselle-overschuiving uit te maken zijn, welk van deze beide tektonische fenomenen het oudst is.

Aan de westzijde buigt de Caiellastoring ten NW van Avolasca eenigszins naar het noorden. Het gedeelte van de Caiellastoring tusschen Avolasca en de vlakte van Alessándria bezit een vrijwel zuivere ESE-

WNW-richting. Deze komt volkomen overeen met de richting, welke de anticlinalen in het oostelijke deel van de Turijnsche heuvels bezitten.

Het is niet mogelijk de spronghoogte van de Caiellastoring te bepalen met de gegevens, die mij ter beschikking staan. Uit Profiel VI zou men wellicht geneigd zijn af te leiden, dat de spronghoogte maximaal ongeveer 1000 m zou bedragen. Dit is echter de maximale spronghoogte, welke de Caiellastoring na de afzetting van het Rupélien heeft gekregen, en we weten uit de palaeogeografie van het begin van het Rupélien, dat de Caiellastoring reeds in die tijd bestond. Dit kunnen we echter in het Stáfforadal nog veel duidelijker constateeren, omdat daar de Argille Scagliose-formatie aan de noordzijde van de Caiellastoring te voorschijn komt. Het geheele Eoceen is daar dus verdwenen. De dikte van het Eoceen is niet bekend en bovendien buitengewoon moeilijk te schatten. Het mag echter als vaststaand gelden, dat de spronghoogte van de Caiellastoring aanzienlijk meer is dan 1000 m.

Wat de ouderdom van de Caiellastoring betreft, kan opgemerkt worden, dat vóór het Rupélien belangrijke bewegingen langs de Caiellastoring hebben plaats gehad. Zij bestond echter waarschijnlijk reeds tijdens de afzetting van het Eoceen of zelfs daarvoor. Na het Langhien vinden vrijwel geen bewegingen meer langs de Caiellastoring plaats.

2. De Arpeselle-overschuiving.

De Arpeselle-overschuiving ligt eigenlijk buiten de grenzen van het bestudeerde gebied. Zij is echter voor dit gebied van zoo groot belang, dat ik haar hier niet onvermeld mag laten. Fig. 10 geeft een beeld van de Arpeselle-overschuiving, dat gedeeltelijk op eigen waarnemingen, gedeeltelijk op interpretatie van de geologische kaart van Sacco berust. De Argille Scagliose-formatie en het Onder-Eoceen zijn in noordoostelijke richting over het Midden-Eoceen, dat ten E van de Cima di Valle Scura en de Monte Arpeselle gelegen is, overschoven. Zeer fraai zien wij deze overschuiving in de Fosso di Massinigo bij Santa Margherita di Bobbio, waar we de midden-eocene mergels en kalken onder de Argille Scagliose-formatie zien verdwijnen. In de omgeving van Casone tusschen S. Margherita di Bobbio en Pregola vinden we een overschuivingsbreccie, die voornamelijk uit stukjes mergelkalk en serpentijn bestaat. De mergelkalkbrokjes overheerschen sterk. Het kitmiddel bestaat uit fijngebreven resten van mergelkalk en serpentijn.

Voorts zien we aan de oostzijde van de M. Arpeselle in het goed ontsloten Eoceen eenige fraaie opschuivingen in de richting van de Arpeselle-overschuiving.

Tenslotte wil ik nog vermelden, dat TEICHMÜLLER en SCHNEIDER op de Bric Carana, 3 km ten E van de Arpeselle-overschuiving een gedeelte der Argille Scagliose-formatie aangetroffen hebben, dat horizontaal op het Eoceen van San Cristoforo ligt. Wij vinden daar dus een voortzetting van de Arpeselle-overschuiving.

Het is natuurlijk duidelijk, vooral ook door het laatstgenoemde feit, dat de Arpeselle-overschuiving een belangrijke overschuiving is van waarschijnlijk vrij groote afmeting. Hoe groot de overschuivingswijdte is,

zal echter pas vast te stellen zijn na een gedetailleerd geologisch onderzoek van het gebied ten NE van de Arpeselle-overschuiving.

De ouderdom van de Arpeselle-overschuiving is: post-Eoceen en prae-Rupélien, d.w.z. dat de Arpeselle-overschuiving ontstaan is tijdens de orogenese der Noord-Apennijnen bij de aanvang van het Oligoceen.

Voordat ik de overige tektonische bouw van het bestudeerde gebied

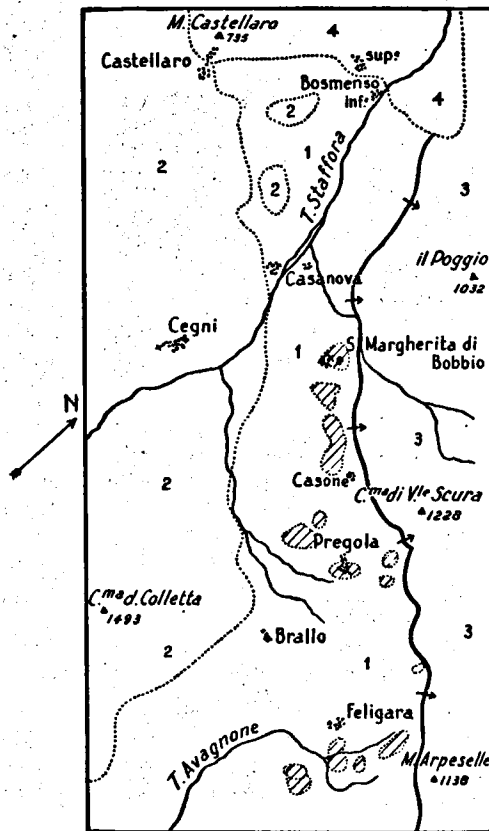


Fig. 10.

Overzichtskaartje van de Arpeselle-overschuiving.

- 1 = Argille Scagliose-formatie, gearceerd: ophiolieten.
- 2 = Onder-Eoceen.
- 3 = Midden-Eoceen.
- 4 = Rupélien.

verder bespreek, wil ik opmerken, dat uit de twee belangrijkste tektonische fenomenen van ons gebied blijkt, dat er in dit deel der Noord-Apennijnen drie belangrijke richtingen bestaan. Dat zijn:

NW-SE, de richting der Arpeselle-overschuiving, d.i. de normale richting der Noord-Apennijnen,

E-W, de richting van het grootste deel van de Caiellastoring,
WNW-ESE, de richting van het westelijke uiteinde van de Caiellastoring
en van de antichinalen in het oostelijke deel der Turijnsche
heuvels.

3. De drie Dwarsstoringen.

In het gebied tusschen de westrand van het bekken van Varzi en de oostrand van het bekken van Garbagna vinden we drie storingen, welke een hoek van ongeveer 90° met de Caiellastoring bezitten. Het zijn: de Martinettodwarsstoring, de Arzoladwarsstoring en de Campolungodwarsstoring.

Langs deze drie dwarsstoringen is steeds het westelijke deel ten opzichte van het oostelijke gedaald. Tengevolge hiervan vinden we bij de Martinettodwarsstoring tusschen Solaro en de Caiellastoring een verdubbeling van het Chattien aan de westrand van het bekken van Varzi. De spronghoogte van deze storing bedraagt ongeveer 250 m. Zij strekt zich uit van de Caiellastoring over Martinetto en Solaro tot dichtbij Caffarone.

De spronghoogte van de Arzoladwarsstoring, die zich van de Caiellastoring over San Sebastiano Curone en door het dal van de T. Arzola tot aan de grens van Oligoceen en Eoceen uitstrekt, is belangrijk grooter, dan van de beide andere dwarsstoringen. Zij bedraagt ongeveer 750 m. Hieraan is het te danken, dat wij thans tusschen het bekken van Garbagna en het bekken van Varzi zulk een uitgestrekt Rupélienterrein aantreffen.

De derde, meest westelijke storing, de Campolungodwarsstoring, is de minst belangrijke. Zij strekt zich slechts uit van de Caiellastoring tot weinig ten S. van Campolungo. Haar maximale spronghoogte bedraagt slechts 200 m.

Wat de ouderdom van deze drie storingen betreft, kunnen we aan de Campolungodwarsstoring vaststellen, dat deze jonger moet zijn dan Aquitanien. Voorts staat vast, dat hij ouder is dan de Fontanelleoverschuiving, daar deze alleen in het Rupélien ten W van de Arzoladwarsstoring voorkomt.

Het ligt voor de hand aan te nemen, dat de dwarsstoringen ontstaan zijn tijdens de orogenetische bewegingen, welke wij naar aanleiding van de discordantie tusschen Aquitanien en Langhien en uit de veranderingen in de palaeogeografie aan het begin van het Mioceen hebben kunnen constateeren. Het ontstaan der drie dwarsstoringen valt dus samen met de grens Oligoceen-Mioceen.

4. De Fontanelle-overschuiving en de storingen in het dal van de T. Lella.

De Fontanelle-overschuiving is in betrekking tot de bouw van ons gebied een weinig belangrijk fenomeen. Zij levert ons echter een zeer instructief voorbeeld van het verband tusschen geografie, lithologie en tektoniek. In fig. 11 heb ik een vijftal profielen gegeven door het Onder-

Profielen tusschen P^go dell'Erta en T. Arzola

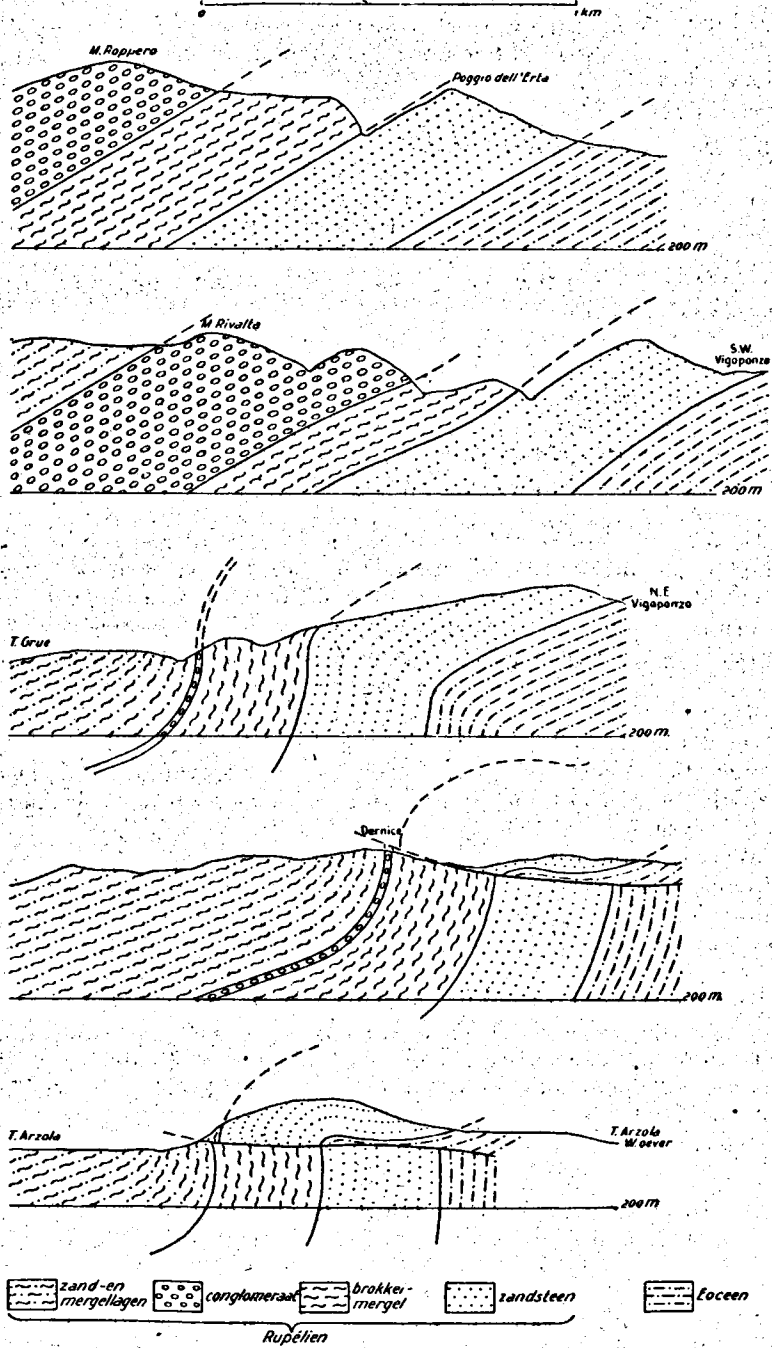


Fig. 11.
Fontanelle-overschuiving.

Rupélien tusschen de Poggio dell'Ertà en het Arzoladal. Deze profielen maken steeds een hoek van ongeveer 90° met de grens Oligoceen-Eoceen.

In profiel *a* zien we, hoe de druk, welke voornamelijk uit zuidelijke richting kwam, de ongeveer naar het NW hellende lagen niet buitengewoon sterk opplooide.

In profiel *b* en *c* hellen de lagen iets meer in noordelijke richting, waardoor we in profiel *b* een iets sterkere uitwerking van de druk zien, dan in profiel *a*. In profiel *b* bevindt zich nog een pakket van bijna 400 m, dat uit Borberaconglomeraten bestaat. Dit geeft de lagen hier blijkbaar nog voldoende weerstand tegen de uit het zuiden komende druk.

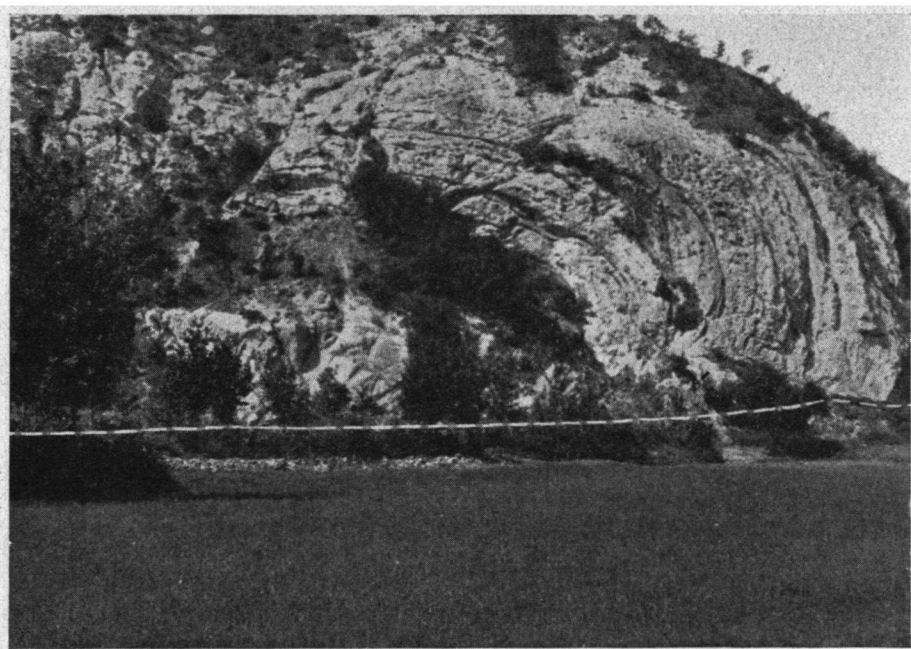


Fig. 12.

Fontanelle-overschuiving aan de westzijde van het Arzoladal.

Een weinig oostelijker, in profiel *c*, zijn de Borberaconglomeraten plotseling in dikte verminderd tot nog slechts eenige meters. Hun plaats is ingenomen door zand- en mergellagen. De weerstand der lagen is daardoor belangrijk zwakker geworden, zoodat zij steil opgeplooid worden.

Begeven wij ons nog verder oostwaarts, dan constateeren we, dat bij Dernice en ten E van Dernice de lagen vrijwel geheel een noordhelling bezitten. De uitwerking van de uit het zuiden komende druk is hier dan ook nog veel grooter geweest, en heeft een plaatselijke overschuiving tengevolge gehad: profiel *d* en *e*. Buitengewoon fraai is deze overschuiving te bestudeeren aan de westoever van het Arzoladal (zie fig. 12).

Zoals bij de bespreking der dwarsstoringen reeds opgemerkt is, vinden we ten E van de Arzoladwarsstoring geen enkele aanwijzing van een voortzetting der Fontanelle-overschuiving ten E van deze storing. We moeten dus aannemen, dat de overschuiving ontstond nà het ontstaan der dwarsstoringen. De dwarsstoringen ontstonden tijdens de eerste orogenetische bewegingen bij de aanvang van het Langhien. Gezien de discordante ligging van het Helvetien op het Langhien bij Sagliano di Crenna, is het mijns inziens logisch om aan te nemen, dat de orogenetische bewegingen, welke wij aan het begin van het Langhien vaststelden, hun

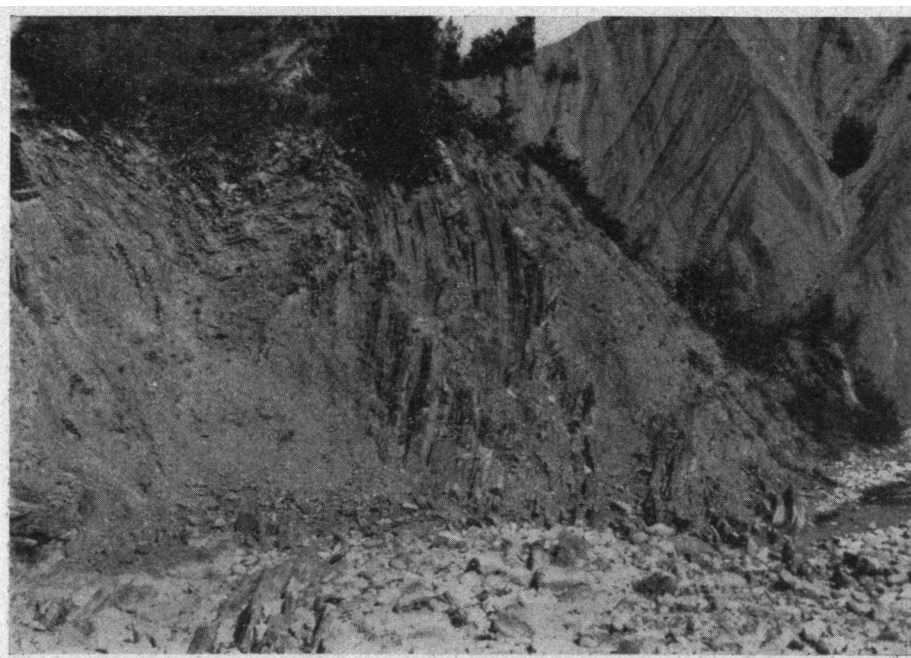


Fig. 13.

Sterk ineengeplooid Onder-Rupélien in het dal van de T. Lella.

grootste activiteit aan het einde van het Langhien gehad hebben. De Fontanelle-overschuiving zou dus op de grens Langhien-Helvetien hebben plaats gehad.

Eenzelfde ouderdom als de Fontanelle-overschuiving hebben naar mijn idee de plooiën, welke wij in het Rupélien in het noordelijkste deel van het dal van de T. Lella aantreffen (zie fig. 13). Wij vinden in dit dal tusschen Cella di Bobbio en Varzi in het Rupélien een aantal storingen, die misschien opgevat zouden kunnen worden, als het divergeerende oosteinde van de Caiellastoring. Hoewel het verloop van deze storingen in oostelijke richting mij slechts ten deele bekend is, geloof

ik, dat het niet noodzakelijk is, in deze storingen een voortzetting van de Caiellastoring te zien. Als wij n.l. de geologie van het gebied tusschen de T. Curone ten S. van Fabbria Curone en de T. Stáffora tusschen Bosmenso en Casanova bezien, dan kunnen we opmerken, dat in het gedeelte ten E van het Curone-dal tot aan de lijn M. Castellaro-M. Scabiolo geen storingen van eenig belang in het Rupélien optreden, terwijl zich ten E van deze lijn talrijke, tektonische complicaties voordoen. Beschouwen we nu de oudere formaties ten S. van het Rupélien, dan zien we van de T. Curone oostwaarts tot aan de M. Castellaro uitsluitend eocene mergels en kalken, terwijl ten E van de M. Castellaro de Argille Scagliose-formatie voorkomt met hoogstens enkele brokken Eoceen er in. Het lijkt mij waarschijnlijk, dat het Rupélien tusschen Varzi-M. Scabiolo-M. Castellaro direct op de Argille Scagliose rust, terwijl onder het Rupélien ten W hiervan nog Eoceen voorkomt. Indien dit zoo is, kunnen wij zeker verwachten, dat zich in het Rupélien, dat direct op de plastische Argille Scagliose-formatie gelegen is, reeds gauw na de afzetting van het Rupélien storingen hebben voorgedaan, waardoor we de plaatselijke discordantie tusschen Rupélien en Chattien bij Fontana kunnen verklaren.

Door deze omstandigheden wordt bovendien duidelijk, dat de belangrijkste post-oligocene, orogenetische bewegingen, die zooals hierboven uiteengezet is, op de grens Langhien-Helvetien plaats hadden, in dit zeer bewegelijke deel van het bekken van Varzi een sterke uitwerking moeten hebben gehad. Dit zou er dus op wijzen, dat de sterke ineenplooingen, welke wij in het noordelijkste deel van het dal van de T. Lella ontmoeten, eenzelfde ouderdom hebben als de genoemde Fontanelle-overschuiving. Beide fenomenen zijn dus te verklaren als een plaatselijk sterkere uitwerking van de orogenetische druk, welke aan het einde van het Langhien de nog vrijwel vlak liggende, oligocene formaties in ons gebied plooiden.

De storingen en ineenplooingen, welke het Rupélien in het Val Scrivia (zie profiel X) vertoont, zijn waarschijnlijk in deze zelfde tijd tot stand gekomen.

5. De overige storingen.

De overige storingen in het bestudeerde gebied zijn slechts van ondergeschikt belang. De kleine E-W storingen van Montacuto (profiel I) en ten S van het dal van de R. Valbera (profiel IX) zijn plaatselijke verschijnselen, waarin wij de discordante ligging van Oligoceen op Eoceen goed kunnen bestudeeren. Het is niet mogelijk het tijdstip van hun ontstaan vast te stellen.

In de Cantelupostoring tusschen Rocchetta Ligure en Merlassino en in de storting tusschen Rupélien en Chattien ten NE van Grondona (profiel VIII) vinden we een zuidelijker en minder sterk equivalent van de dwarsstoringen. Ook hier zijn de westelijke deelen ten opzichte van de oostelijke gedaald. De spronghoogten van deze storingen zijn echter vrij gering. Zij bedragen in beide gevallen maximaal nog geen 100 m.

6. De orogenetische fasen.

Uit het overzicht van de tektoniek van ons gebied kunnen wij de volgende orogenetische fasen afleiden:

- a. eerste fase (hoofdfase): einde Eoceen: groote beweging langs Caiellastoring; Arpeselle-overschuiving.
- b. tweede fase: bij het begin van het Langhien: laatste beweging langs Caiellastoring; dwarsstoringen; Cantelupostoring; storing ten NE van Grondona; storingen in het dal van de T. Lella.
- c. derde fase: aan het einde van het Langhien: plooiing van het oligocene gebied gepaard met Fontanelle-overschuiving en ineenplooiing in het noordelijkste deel van het dal van de T. Lella.
- d. vierde fase: na het Helvetien: plooiing van het Helvetien van de M. Vallassa en van het Helvetien ten N. van Varzi.

De vierde fase valt waarschijnlijk uiteen in een aantal onbelangrijke fasen, die binnen de grenzen van het bestudeerde gebied niet zijn waar te nemen. Elders in het bekken van Piemonte worden n.l. op bepaalde plaatsen discordanties gevonden tusschen Helvetien en Tortonien, tusschen Tortonien en Messinien, tusschen Messinien en Plaisancien, en tusschen Astien en Villafranchien (dat door sommige onderzoekers reeds tot het Kwartair wordt gerekend). Deze fasen zijn voor de tektoniek van ons gebied niet van belang.

V. GEOMORFOLOGIE.

Het heeft niet in mijn bedoeling gelegen bij het geologisch onderzoek van mijn gebied een uitgebreide studie van de geomorfologie van dit gebied te maken. Waar het verband tusschen geologische bouw en geomorfologie buitengewoon opvallend was, heb ik reeds bij de beschrijving der verschillende étages opmerkingen over de morfologische verhoudingen in ons gebied gemaakt. Ik wil echter de beschrijving van de geologie van het gebied niet eindigen zonder een hoofdstuk te wijden aan de subrecente en recente geologische geschiedenis.

Het meest opvallend in de morfologie van het gebied is wel het feit, dat er duidelijk drie oorspronkelijke niveau's bestaan. In de eerste plaats een hoog niveau, dat eenigszins in noordelijke richting helt en dat gevormd wordt door de toppen, die uit eocene kalken en mergels bestaan. In het zuiden zijn dit (van E naar W): M. Lesima (1724 m), M. Chiappo (1699 m) en M. Ebro (1699 m). De noordelijkste worden gevormd door: M. Giarolo (1473 m), M. Garave (1549 m) met zijn noordelijke uitlooper M. Carmo (1466 m), en Cima della Colletta (1493 m), terwijl ten NE van deze, buiten ons gebied, nog de M. Penice (1460 m) kan worden genoemd. Deze noordelijke toppen zijn door hoge berg-ruggen met de hoogere, zuidelijke verbonden, zij vormen met deze als het ware een plateau, waarover men het gebied naar alle kanten kan doorkruisen zonder belangrijk onder de 1400 m te moeten afdalen. Bevindt men zich op één van de noordelijke toppen (b.v. op de M. Giarolo of de M. Penice), dan ziet men duidelijk, dat dit hoge niveau aan noord- en westzijde betrekkelijk steile hellingen bezit, en dat ten N en ten W ervan geen enkele hoge top is te vinden. Inderdaad treffen we in het gebied ten NW van het hoge niveau geen enkele top, die hooger is dan ± 750 m (M. Vallassa en Poggio di Dego). Slechts in het gebied der Borberaconglomeraten tusschen Roccaforte Ligure en de M. Gavasa vinden we hoogten tot 900 m. We vinden dus een tweede niveau, het middenniveau, dat eveneens in noordelijke richting helt. De hoogste toppen liggen, zooals reeds gezegd, in het gebied der Borberaconglomeraten. Ten N hiervan treffen we geen grootere hoogten dan 750 m aan. Ten N van het bestudeerde gebied neemt de hoogte van het middenniveau in NNW richting regelmatig af tot het in de omgeving van Tortona maximale hoogten van nog slechts 300 m bereikt.

Een derde niveau, het lage niveau, ligt buiten ons gebied. Het wordt gevormd door de vlakte tusschen Serravalle Scrivia en Alessándria, die zich voortzet in de Po-vlakte. De hoogte van dit niveau bedraagt ten NW van Serravalle Scrivia maximaal 140 m, ten NE van Alessándria slechts 80 m.

Beschouwen wij nu het huidige rivierstelsel in ons gebied, dan valt

direct op, dat de belangrijkste dalen een SSE-NNW richting bezitten. Deze richting komt overeen met de gevonden hellingsrichting van het middenniveau. Het ligt dus voor de hand aan te nemen, dat het oudere, hoge niveau ontwaterd werd door een aantal stroomen, die in SSE-NNW richting over het middenniveau afvloeiden. Deze richting is dus als een primaire richting op te vatten. De dalen der volgende rivieren bezitten deze richting: T. Scrivia, T. Spinti (bovenloop, d.w.z. ten S van Grondona), T. Borbera (bovenloop, d.w.z. ten S van Colonne), T. Grue, T. Arzola, T. Curone (benedenloop, d.w.z. ten N van San Sebastiano), T. Curone (bovenloop, d.w.z. ten S van Fabbrića Curone), T. Stáffora (benedenloop, d.w.z. ten N van Bagnaria) en T. Stáffora (bovenloop, d.w.z. ten SE van Varzi).

Hierbij kan opgemerkt worden, dat het dal van de T. Scrivia als zoodanig als primair dal kan worden beschouwd, de bovenloop van de T. Spinti moet echter ten N van Grondona een voortzetting hebben gehad. Uit de morfologie blijkt niet geheel duidelijk, hoe het verloop van deze voortzetting moet zijn geweest. Het geheele Chattien-gebied aan de noordzijde van Grondona is zoo sterk geërodeerd, dat wij de richting van de oorspronkelijke T. Spinti niet terugvinden. Er bestaan hier twee mogelijkheden: de T. Spinti heeft oorspronkelijk in NNW richting gestroomd en vormde op een plaats, welke nu niet meer te constateeren is, een zijrivier van de T. Scrivia, of hij boog ten N van Grondona in NNE richting en vereenigde zich via de Passo della Crocetta met de T. Grue.

Duidelijker is de voortzetting te vinden van de bovenloop van de T. Borbera. Het lijkt mij waarschijnlijk, dat wij in de topografische inzinking ten NE van de M. Gavasa en de M. Barilaro het oude dal van de T. Borbera (bovenloop) moeten zien. De T. Grue vormt dan de directe voortzetting van deze primaire rivier.

Evenals wij in de T. Grue de voortzetting meenen te mogen zien van de bovenloop van de T. Borbera, zouden wij in de benedenloop van de T. Stáffora de voortzetting van de bovenloop van de T. Curone kunnen zien.

De voortzetting van de laatste, primaire rivier, n.l. de bovenloop van de T. Stáffora, kan wellicht gezocht worden in het gebied van Zavatarello.

In het stadium, dat volgt op dat der primaire rivieren, begint de geologische bouw van het gebied zijn invloed uit te oefenen. Het is waarschijnlijk, dat tengevolge van de sterkere erodeerbaarheid van bepaalde lagen sommige zijrivieren van de primaire stroomen zich zoo sterk ingesneden hebben, dat zij door terugsnijdende erosie eenige van de oorspronkelijke rivieren onthoofdden. Op deze wijze zou de onthoofding van de T. Spinti (benedenloop), die zich in de gemakkelijk verweerende lagen van het Onder-Chattien insneed, verklaard kunnen worden. Een dergelijke verklaring is eveneens mogelijk voor de onthoofding van de T. Stáffora (bovenloop) door de T. Stáffora (middenloop), welke laatste zich gemakkelijk in kon snijden, in de Argille Scagliose, die ten N van de resistente lagen van het synclinale bekken van Varzi in een E-W loopende strook dagzoomen.

De onthoofding van de primaire rivieren: T. Borbera (bovenloop) en T. Curone (bovenloop) is door terugsnijdende erosie alleen niet te verklaren. Het is mogelijk, dat de oorzaak hiervan gezocht moet worden in late bewegingen langs de N-S loopende breuken aan beide zijden van het Rupélien tusschen Roccaforte en de Borberacanyon, en langs de dwarsstoringen, waarbij zooals we gezien hebben de westelijke deelen ten opzichte van de oostelijke daalden.

Het voorkomen van topografische hoogten en laagten, welke hun ontstaan te danken hebben aan het optreden van zeer resistente of buitengewoon gemakkelijk erodeerbare formaties, heb ik bij de beschrijving van de verschillende étages reeds vermeld. Ik zal hierop in dit hoofdstuk niet nader terugkomen.

Ik eindig dit hoofdstuk met er nogmaals nadrukkelijk op te wijzen, dat het niet mijn bedoeling is geweest een eenigszins volledige en goed gefundeerde verklaring van de morfologie van het gebied te geven. Ik heb alleen eenige mogelijkheden willen noemen, die de groote trekken in de morfologie zouden kunnen verklaren.

VI. KORTE GEOLOGISCHE SYNTHESE.

Over de vóór-jurassische geschiedenis van het bekken der Noord-Apennijnen valt, voorzoover het ons gebied betreft, niets op te merken. In Jura en Krijt bevindt zich in dit gebied een zee, welke zich over een groote afstand buiten het gebied uitstrekt, en een vrij groote diepte heeft. In deze zee wordt de Argille Scagliose-formatie afgezet. In de omliggende streken komt weinig vasteland voor. Waarschijnlijk bestaat er een eiland of vasteland op eenige afstand ten S of ten SW van het gebied op de plaats, waar zich thans de Tyrreense zee uitstrekt. Dit vasteland bezit slechts weinig relief. De hoeveelheid terrigeen materiaal, die in het bekken gesedimenteerd wordt, is gering. Op de zeebodem heeft op tal van plaatsen uitvloeiing van in hoofdzaak basische lava's plaats.

Aan het einde van het Krijt is de algemeene regressie, die zich in Zuid-Europa voordoet, ook merkbaar in ons gebied. Er worden schalies en plaatachtige zandsteenen afgezet. Na deze regressie op de grens van Krijt en Eoceen is het bekken minder diep geworden, terwijl de toevoer van vooral kalkrijk materiaal sterk is toegenomen. Waarschijnlijk hadden in deze tijd reeds bewegingen langs de Caiellastoring plaats.

Tijdens het geheele Eoceen vindt een constante opvulling van het bekken plaats, die aan het eind van het Eoceen zoover gevorderd is, dat wij over een ondiep bekken kunnen spreken. Bij de aanvang van het Oligoceen worden de sedimenten van het Noord-Apennijnsche bekken sterk ineengeplooid en opgeheven. Hierbij doen zich belangrijke overschuivingen voor.

Na de opheffing bevindt het gebied zich in de eerste tijd van het Oligoceen boven de zeespiegel. Het is niet onmogelijk, dat in de Noord-Apennijnen plaatselijk eenig Tongrien voorkomt, doch algemeen zullen de oligocene afzettingen eerst in het Rupélien beginnen. Tijdens het Tongrien vormt zich een sterk relief.

Aan het begin van het Rupélien heeft een groote transgressie plaats, waarbij echter naar alle waarschijnlijkheid groote deelen van de Noord-Apennijnen niet overstromd worden. Het vasteland, dat wij reeds in Jura en Krijt meenden te kunnen vaststellen in de huidige Tyrreense Zee, blijkt nog steeds te bestaan. De deelen, die tijdens het Rupélien boven de zeespiegel uitsteken, bezitten een vrij sterk relief. Dit is aan het einde van het Rupélien reeds grootendeels aan de erosie ten prooi gevallen. Bewegingen langs de Caiellastoring zijn in het Rupélien duidelijk te constateeren.

Op de grens Rupélien-Chattien heeft een kleine regressie en transgressie plaats. In het Chattien hebben we een min of meer afgesloten,

vrij ondiep bekken. Door het sterk verminderde relief levert het om-
liggende vasteland betrekkelijk weinig terrigeen materiaal.

In het Aquitanien begint de zee zich steeds meer terug te trekken. Tengevolge van deze regressie wordt weer meer terrigeen materiaal aangevoerd. Grote deelen van het bekken komen in deze tijd boven de zeespiegel te liggen, waardoor het waarschijnlijk wel afgezette, gemakkelijk verweerende Chattien op vele plaatsen verdwijnt. Aan het einde van het Aquitanien wordt het gebied een weinig geplooid, waarbij eenige breuken ontstaan. Langs de Caiellastoring vinden daarbij de laatste belangrijke bewegingen plaats.

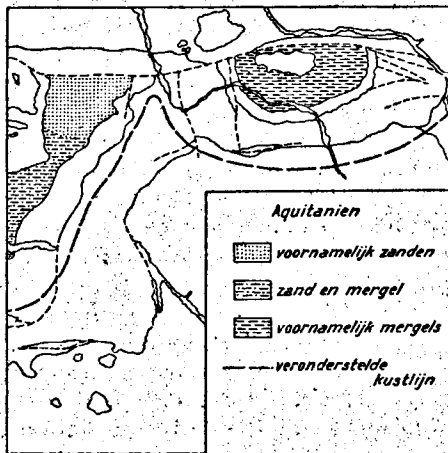
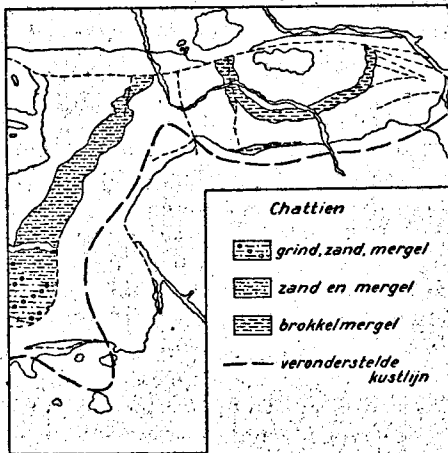
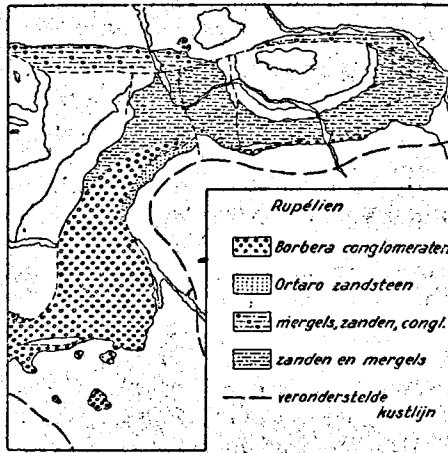
Bij het begin van het Langhien verdwijnen de laatste sporen, van het relief, dat in het Tongrien gevormd is en waardoor in het gebied twee gescheiden bekkens voorkwamen, die gedurende het geheele Oligoceen een verschillende ontwikkeling hadden.

In het Langhien vinden we min of meer hetzelfde verschijnsel als in het Chattien. Ook nu is namelijk het relief, dat in de vorige tijd, in dit geval het Aquitanien, bestond, vrijwel geheel verdwenen, zoodat een fijnkorrelige afzetting ontstaat, die echter naar alle waarschijnlijkheid in een vrij ondiepe zee is gesedimenteerd. De uitbreiding van de Langhienzee komt ongeveer overeen met die van het Aquitanien, zoodat wij ook in het Langhien veel ondiepten in het geheele bekken moeten aannemen. Het zou dus o.a. om deze reden wel onmogelijk zijn in de Langhienzee een diepere zee te zien dan in de Aquitanienzee. De orogetische bewegingen, welke aan het einde van het Aquitanien begonnen, zijn misschien tijdens het geheele Langhien min of meer werkzaam geweest. Aan het einde van het Langhien hebben zij hun sterkste uitwerking. Het geheele gebied wordt geplooid, waarbij zich op enkele punten plaatselijke complicaties voordoen.

Na het Langhien begint de tweede groote transgressie, die zich echter minder ver uitstrekt dan de Rupélien-transgressie. Dat ondanks de groote uitbreiding van de Helvetienzee een grofkorrelig sediment ontstaat, terwijl in de kleinere Langhienzee een fijnkorrelige afzetting gesedimenteerd werd, is te verklaren door de plooiing en opheffing aan het einde van het Langhien, waardoor de gedeelten, die tijdens het Langhien ondiepten waren of een weinig boven de zeespiegel uitstaken, weer grooter relief verkregen. Dit relief is echter belangrijk geringer dan dat wat tijdens de Rupélien-transgressie bestond.

Na het Helvetien trekt de zee zich weer terug. Er heeft bovendien nog een kleine plooiing plaats, waardoor o.a. in het oostelijke deel der Turijnsche heuvels het Tortonien discordant op het Helvetien ligt. Uit de samenstelling van het Tortonien moeten wij concluderen, dat op de deelen, welke toen boven de zeespiegel uitstaken, geen sterk relief aanwezig was.

Na het Tortonien volgt een tweede, veel sterkere regressie, waarna in het Messinien een ondiep brakwaterbekken overblijft. Hierna transgredeert de zee in het Plaisancien, waarna weer regressie volgt in het Astien. Het is mogelijk, en zelfs vrij waarschijnlijk, dat zich op de grenzen van Tortonien en Messinien, van Messinien en Plaisancien, en van Astien en Villafranchien nog eenige plooiing in het geheele gebied voordeed. In



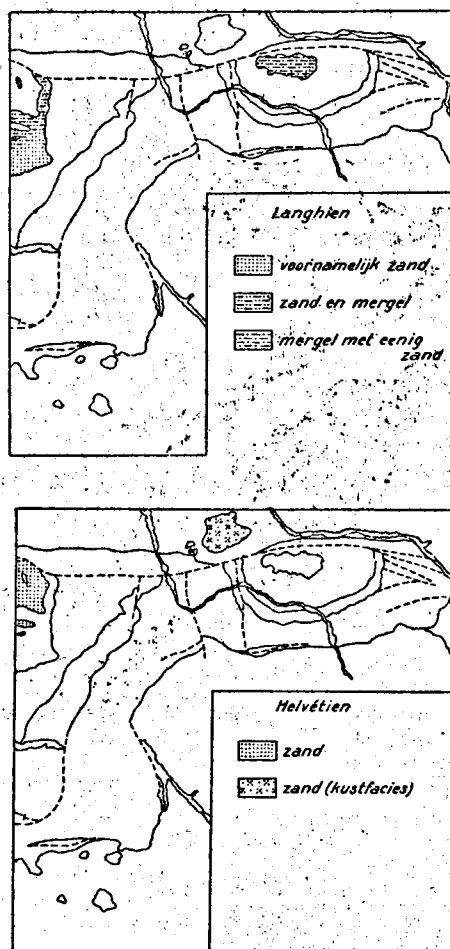


Fig. 14.

Verdeeling der facies van de verschillende étages in het in kaart gebrachte deel van het gebied.

Op de kaartjes van Langhien en Helvétien is de veronderstelde kustlijn om tweeërlei redenen niet geteekend. In de eerste plaats is de verbreiding van Langhien en Helvétien in het gebied te klein om bij benadering een kustlijn te trekken. Ten tweede heeft zoowel Langhien als Helvétien een transgressief karakter, zoodat wij ons voor moeten stellen, dat de kustlijn zich tijdens de afzetting landinwaarts verplaatste.

al deze tijd is echter het relief van het boven de zeespiegel uitstekende gebied niet groot. Pas in het Villafranchien, dat wil dus zeggen tegen het einde van het Pliocéen, vinden we grofklastische afzettingen. Ik zie mij daarom genoodzaakt aan te nemen, dat pas aan het einde

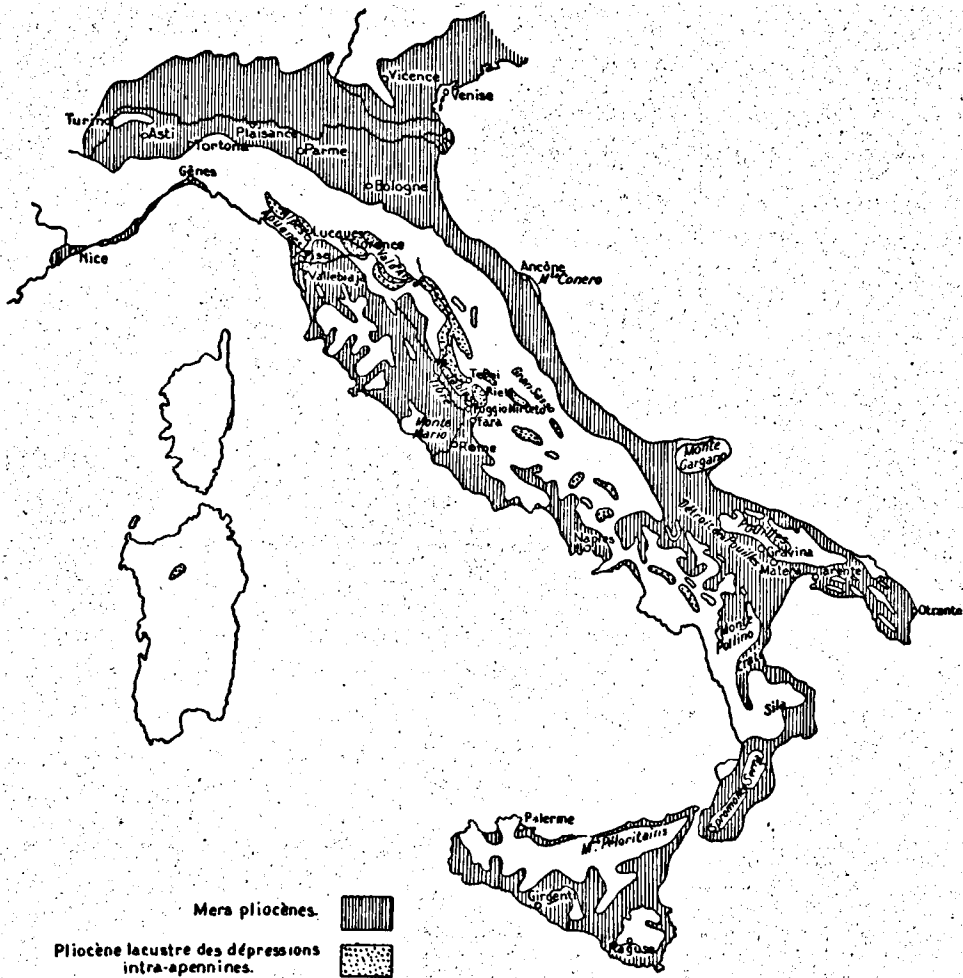


Fig. 15.

Palaeogeografisch kaartje van Italië tijdens het Pliocéen (naar Sacco).

van het Pliocéen de epirogenetische opheffing plaats had, die het gebergte, dat wij thans Noord-Apennijnen noemen, deed ontstaan. Deze opheffing had naar mijn idee in het gedeelte der Noord-Apennijnen, waarin het bestudeerde gebied gelegen is, plaats in twee op elkaar vol-

gende fasen, waardoor het ontstaan van het hooge, het midden- en het lage niveau verklaard kan worden.

Deze opheffing geschiedde waarschijnlijk in dezelfde tijd, waarin het reeds vele malen genoemde vasteland in de Tyrrheense Zee in de diepte verdween. BELLINI is namelijk op biogeografische gronden tot de conclusie gekomen, dat dit vasteland, dat Corsica en Sardinië met Noord- en Midden-Italië verbond (zie fig. 15), pas bij het begin van het Kwartair heeft opgehouden te bestaan. In het kort zijn de resultaten van zijn studies als volgt samen te vatten.

In het Plioceen leefde op het schiereiland van Italië en op de eilanden in de Tyrrheense Zee een indo-mediterrane landfauna. Hieruit zou de conclusie te trekken zijn, dat de eilanden en het schiereiland door land verbonden waren. Tijdens het Kwartair wordt deze indo-mediterrane fauna op het schiereiland geheel verdrongen door boreale fauna's. Deze vindt men echter op de eilanden niet. Daar blijft integendeel de indo-mediterrane landfauna voortbestaan. Uit dit verschijnsel zou men kunnen afleiden, dat het vasteland in de Tyrrheense Zee bij de aanvang van het Kwartair is verdwenen.

Ik voeg deze laatste opmerking onder voorbehoud aan dit hoofdstuk toe, omdat ik niet in staat ben een oordeel omtrent het hoofdzakelijk biologische werk van BELLINI uit te spreken. Indien deze feiten echter onomstootelijk kunnen aantoonen, dat een uitgebreide landverbinding in de Tyrrheense Zee bij het begin van het Kwartair werd verbroken, dan ligt hierin een aanwijzing temeer, dat de huidige, geografische verhoudingen in en rond de Tyrrheense Zee pas aan het einde van het Plioceen hun definitieve vorm hebben verkregen.

VIII. LITERATUURLIJST.

- ANELLI, M. Appunti paleontologici a proposito delle cosiddette „argille scagliose”. Riv. di Paleontologia vol. 41, 1935.
- „Cenni geologici sui dintorni di Traversetolo e di Lesignano Bagni”. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 34, 1915.
- „Sopra alcune particolarità tettoniche dell'Appennino Emiliano”. Giornale di Geologia. Serie 2a, Vol. II, Bologna 1927.
- and BELLUKI, A. „Search for oil in Parma-district, Western Italy”. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. Vol. 16, No. 11, Nov. 1932.
- BELLENI, E. La distribuzione geografica dei molluschi terrestri e l'ipotesi della Tirrenide. Riv. di Biologia Vol. IV, 1924.
- Osservazioni a favore della „Tirrenide. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 45, 1926.
- BONARELLI, G. „Affioramenti cretacei nell'Appennino settentrionale”. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 20, 1901.
- „Affioramenti di Serpentine preterziarie nell'Appennino settentrionale”. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 21, 1902.
- BONATTI, S. „Studio petrografico dei graniti della formazione ofiolitica appenninica”. Boll. R. Uff. Geol. It. Vol. 58, 1933.
- BONI, A. Fossili miocenici del Monte Vallassa. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 52, 1934.
- BRAUN, G. Beiträge zur Morphologie des nördlichen Apennin. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1907.
- BRUSONI, A. „Osservazioni petrografiche sopra i graniti dell'Appennino pavese”. Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett. Vol. 56, Milano 1923.
- CADISCH, J. „Ein Beitrag zum Calpionellen-Problem”. Geol. Rundschau Bd. 23, 1932.
- CORTESE, E. „A proposito della formazione argilloscistosa ofiolitifera dell'Appennino settentrionale”. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 53, 1934.
- Fluitazione di fossili e migrazioni di specie. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 53, 1934.
- DEPÉRET, CH. Miocène de l'Italie du Nord. C. R. Soc. Geol. de France, 1893.
- ENGELBERTS, F. G. Geologische waarnemingen in de Romagnoolsche Appennijnen. Geol. en Mijnb. 1939.
- FOSSA—MANCINI, E. „Argille scagliose caotiche e diapirismo”. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb. Vol. 34.
- FRANCHI, S. „Ancora sull'età degli scisti argillosi ofiolitiferi della Riviera occidentale e della Lunigiana”. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 46, 1927.
- „La prosecuzione della zona ad „Helminthoidea” dalle Alpi Marittime all'Appennino Genovese e l'età delle „Argille Scagliose”. Mem. Acc. Lincei. classe Sc. fis, mat. e nat. 1, 1926.
- FUCHS, F. Studien über die Gliederung der jüngeren Tertiärbildungen Oberitaliens. Sitz. ber. Mat. Nat. Kl. d. kaiserl. Ak. Wiss. Wien, Band 77, 1878.
- GIGNOUX, M. Alcune riflessioni sulle condizioni di giacimento dei petroli Emiliani e sulla tettonica dell'Appennino. Boll. Soc. Geol. It. vol. 41.
- KOBER, L. „Beiträge zur Geologie des Nordapennin und der angrenzenden Alpen”. Ak. Wiss. in Wien Mat. nat. Kl. Sitz. ber. Abt. I, Band 136, Heft 7 und 8.
- KUENEN, PH. H. „On the total amount of sedimentation in the deepsea”. Am. Journal Sc. 1937.

- LUDWIG, O. „Geologische Untersuchungen in der Gegend von Bobbio im Nordapennin“. Geol. Rundschau, Band 20, blz. 36.
- MADDALENA, L. Studi geologici inerenti alla costruzione della grande galleria attraverso l'Appennino tosco-bolognese per la linea direttissima Bologna-Firenze. C. R. XV Session Int. Geol. Congr. South Africa 1929.
- MARIANI, E. Descrizione dei terreni miocenici fra la Scrivia e la Staffora. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 5.
- MAYER, CH. Versuch einer neuen Klassifikation der Tertiär-Gebilde Europa's. Verh. d. Schweiz. naturf. Ges. 1858.
- MERLA, G. „I graniti della formazione ofiolitica appenninica“. Boll. R. Uff. Geol. It. Vol. 58, 1933.
- „I graniti della formazione ofiolitica dell'Appennino e il loro significato tettonico“. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb. No. 41, 1932.
- MICHELOTTI, G. Études sur le miocène inférieur de l'Italie septentrionale. Nat. Verh. Holl. Mij. d. Wetensch. te Haarlem. 2e verz., deel XV, 1861.
- PANTANELLI, D. Tufi serpentinosi eocenici nell'Emilia. Boll. R. Com. Geol. d'Italia Vol. XX, 1889.
- PARETO, L. „Note sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional“. Bull. Soc. Geol. de France. Tome 22, 2e serie, 1864 à 1865, Paris 1865.
- PATRENI, P. Noduli delle arenarie elvezieane del Monte Vallassa. Riv. It. di Paleontologia Anno 39, fasc. 1, 1933.
- PERETTI, L. „I graniti della formazione argilloscistosa ofiolitifera dell'Appennino settentrionale“. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 53, 1934.
- Il granito dell'alta Valle Staffora. Atti R. Acc. Sc. di Torino Vol. 68, 1933.
- PREVER, L. Le nummuliti e le orthophragmine di due località dell'Appennino Pavese. Rend. R. Ist. Lomb. 1905.
- ROVERETO, G. Conclusions d'une étude sur l'Oligocène des Apennins de la Ligurie. Bull. Soc. Geol. Fr. 4e serie X. 1910.
- „Note al rilevamento geologico dei fogli „Rapallo“ e „Chiávare““. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50.
- Sur la distribution chronologique des Lépidocyclines dans l'Oligocène ligurien. Bull. Soc. Geol. de France, 1908.
- Trattato di Geologia morfologica, 1924.
- SACCO, F. Bacino terziario di Piemonte. Turijn 1889.
- La conca terziaria di Varzi—San Sebastiano. Boll. R. Com. Geol. 1889.
- L'Odissea geologica dell'Appennino settentrionale. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 57, 1939.
- „L'age des formations ophiolitiques récentes“. Bull. Soc. Belge de Geol. Tome V. mém. 1891.
- C. R. des courses de la Réunion extr. en Italie, et observations diverses. Bull. Soc. Geol. de Fr. 4e serie, Tome V, 1905.
- „Contribution à la connaissance paléontologique des Argiles écaillées et des schistes ophiolitiques de l'Apennin septentrional“. Bull. Soc. Belge Geol. Tome VII, 1893.
- „I problemi delle formazioni ofiolitifere delle Alpi e dell'Appennino“. Boll. R. Uff. Geol. It. Vol. 59, No. 3, Roma 1934.
- „La Géotectonique de la haute Italie occidentale“. Bull. Soc. Belge Geol. Tome IV, 1890.
- „L'Appennino settentrionale“. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 10, 1891.
- „La questione dell'età degli Argilloschisti ofitifere dell'Appennino“. Atti R. Acc. dei Lincei Serie 6, Vol. IV, Roma 1926.

- „Le Facies del cretaceo nell'Appennino". Atti Acc. Sc. di Torino Vol. 66, 1931.
- „Le formazioni abissali in Italia". Atti Acc. Sc. Torino, Vol. 66, 1931.
- Le Ligurien. Bull. Soc. Geol. de Fr. 3e serie, Tome 17, 1889.
- Les étages et les faunes du bassin tertiaire du Piemonte. Bull. Soc. Geol. de Fr. 4e serie, Tome V, 1905.
- „L'età degli Argilloschisti ofitiferi dell'Appennino". Atti R. Acc. Sc. di Torino, Vol. 61, 1925—1926.
- „Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Bacino terziario del Piemonte". Min. Corp. R. Uff. Geol., Roma 1935.
- „Nuovi cenni di fossili cretacei negli argilloschisti dell'Appennino settentrionale". Atti Acc. Sc. di Torino, Vol. 59, 1924.
- „Nuovi dati di fatto riguardo l'età degli argilloschisti ofiolitiferi dell'Appennino". Atti Acc. Sc. di Torino, Vol. 64, 1928.
- „Rinvenimento di „Uintacrinus" nell'Appennino settentrionale". Atti R. Acc. Sc. di Torino, Vol. 38, 1922.
- Sur la classification des terrains tertiaires. C. R. Congrès Geol. Int. VI, Zürich 1894.
- Sur la valeur stratigraphique des Lepidocyclina et des Miogypsina. Bull. Soc. Geol. de Fr. 4e serie, Tome V, 1905.
- STAUB, R. Zur tektonischen Analyse des Apennins. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Band 78, Zürich 1933.
- STEFANI, C. DE. „Verzeichnis von Fossilien der Oberen und Mittleren Kreide im nördlichen Apennin". Verh. Oesterr. Geol. Reichsanst. 1883.
- STEINMANN, G. „Alpen und Apennin". Zeitschr. Deutschen Geol. Ges. Band 59, 1907.
- Die ophiolitischen Zonen in den mediterranen Kettengebirgen. Congr. Geol. Intern. C. R. XIVe Session, 1926.
- Gibt es fossile Tiefsee-ablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundschau, Band 16, 1925.
- Ueber Tiefenabsätze des Oberen Jura im Apennin. Geol. Rundschau, Band 4, 1913.
- TARAMELLI, T. Del granito nella formazione serpentinoso dell'Appennino pavese. Boll. R. Com. Geol. It. Vol. 9, 1878.
- Sulla formazione serpentinoso dell'Appennino Pavese. Mem. R. Acc. Lincei s. 3, Vol. II, 1878.
- TECHMÜLLER, R. „Der Apenninflisch und seine Probleme". Nachr. Ges. Wiss. Math. Phys. Kl. Göttingen 1932.
- Der Deckenbau des Nordapennins zwischen Modena und Massa-Carrara. Abh. der Ges. der Wiss. im Göttingen Math. Phys. Kl. III, Folge, Heft 13, 1935.
- und SCHNEIDER, J. „Die Grenze von Alpen und Apennin". Abh. der Ges. der Wiss. im Göttingen, 1935.
- TERMIER, P. et BOUSSAC, J. Sur l'existence dans l'Appennin ligure au NE de Gênes d'un passage lateral de la serie cristallophyllienne dite de schistes lustrés à la série sédimentaire ophiolitique de l'Apennin. C. R. Acc. des Sc. Paris, Tome 152, 1911.
- TRASK, P. D. Recent marine sediments, 1939.
- TWENHOFEL, W. H. Magnitude of the sediments beneath the deep sea. Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 40, 1929.
- WILKERSLOOTH, P. DE. Bau und Entwicklung des Apennins. 1934.