

# CONTRIBUTION À L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES COLLINES DE MONFERRATO (ITALIE)

PAR

**S. VAN DER HEIDE.**

(Avec planche XXII et trois figures).

## INTRODUCTION.

Les collines de Monferrato, situées entre le Po et le Tanaro, s'étendent de l'ouest à l'est, de Turin jusqu'aux environs d'Alessandria. Vers la fin du 19<sup>me</sup> siècle elles ont été le sujet de multiples études géologiques et paléontologiques, dont nous mentionnons spécialement celles de M. le Professeur F. SACCO. Ces études ont fourni la base aux cartes actuelles du Service géologique de l'Italie (feuilles no. 56, Torino, no. 57, Vercelli, et no. 58, Mortara). Il semblait cependant qu'un nouveau lever géologique pourrait avoir des résultats importants. C'est pourquoi BEETS a entamé, en 1937, l'examen de la partie occidentale des collines de Monferrato, tandis que nous nous sommes occupés de la partie orientale, spécialement de la région se trouvant entre Murisengo, Moncalvo et Casale. Il parut bientôt que le manque d'affleurements rendait impossible un lever exact de cette région, qui est beaucoup moins accidentée que la partie occidentale des collines de Monferrato, sans y faire des excavations et des sondages. C'est à cause de cela que nous publions ici, avec quelques corrections locales, une carte dessinée d'après la carte géologique officielle.

Dans les règles qui suivent nous indiquerons la région levée par BEETS par le nom de „collines de Turin” ou „collines occidentales”, tandis que la région étudiée par nous sera nommée „collines de Moncalvo-Casale” ou „collines orientales”.

## STRATIGRAPHIE.

### 1. Jurassique et Crétacé.

Dans une grande partie de l'Italie septentrionale le Jurassique et le Crétacé sont représentés par une puissante série d'argiles bigarrées, extrêmement disloquées et ébouleuses, avec de rares intercalations de schistes gréseux ou calcaires et de nombreux restes d'effusions basiques, principalement de serpentines. Cette formation a reçu le nom des „argille scagliose” (argiles écaillées). Il n'y a pas lieu de répéter ici la controverse concernant l'âge de ces argiles; nous nous en sommes occupés largement dans notre publication

sur la géologie des Apennins septentrionaux entre la vallée du T. Scrivia et la vallée du T. Staffora (lit. no. 4, p. 101, voir aussi BEETS, lit. no. 2, p. 199). Comme nous avons exposé dans ce même travail nous rejetons la supposition de SACCO et de STEINMANN, selon laquelle les argiles écailleuses représentent une formation abyssale. Les intercalations de schistes gréseux et calcaires, ainsi que la grande épaisseur de la formation ne peuvent pas être expliquées dans ce sens. On peut d'ailleurs interpréter d'une autre façon tous les arguments qui semblent appuyer la théorie de SACCO et de STEINMANN<sup>1)</sup>. Nous en sommes venus à la conclusion que les argiles écailleuses se sont déposées dans un bassin assez profond entouré de régions continentales peu élevées.

Dans les collines orientales la formation des argiles écailleuses n'affleure que sur trois places :

1. près de Murisengo; elle y renferme des blocs épars de calcaires éocènes. Il n'y existe pas une bande ininterrompue d'Eocène, comme fait voir la carte du Service géologique (feuille no. 57, Vercelli).
2. près de Piancerreto, où l'on trouve un affleurement de serpentine longue de 500 mètres, large de 60 mètres.
3. près de C. Ansaldi (2 km ESE de Piancerreto), où se trouve également un affleurement de serpentine, qui est cependant plus petit que celui de Piancerreto. SACCO l'a considéré d'abord comme un conglomérat oligocène extrêmement riche en galets de serpentine. Un déboisement local a mis au jour qu'il s'agit d'un véritable affleurement de la formation mésozoïque.

La constitution des serpentines de Piancerreto et de C. Ansaldi est exactement la même que celle des serpentines de Santa Margherita di Bobbio et de Pregola dans les Apennins septentrionaux (v. lit. no. 4).

## 2. Eocène inférieur et moyen (= „Alteozän" de BEETS).

Cette formation est constituée d'argiles marneuses de couleur noir, dans lesquelles s'intercalent à distances régulières (40 à 50 m) des bancs calcaires, durs et compacts, et des bancs calcaréo-marneux moins durs. L'épaisseur de ces bancs varie de quelques décimètres jusqu'à plus de 6 mètres. Rarement on y trouve des schistes minces de grès calcaire.

Quoiqu'on n'y trouve jamais de fossiles (excepté certains vestiges problématiques), nous supposons qu'une telle formation, qui est d'ailleurs le plus souvent assez bitumineuse<sup>2)</sup>, se doit être formée dans un bassin peu profond, probablement plus ou moins barré.

<sup>1)</sup> Un argument important du théorie de SACCO et de STEINMANN est la présence de couches à radiolaires parmi les Argille Scagliose. Dans d'autres formations on a cependant trouvé des couches à radiolaires alternant avec des sédiments de mer peu profonde. Un bel exemple de ce phénomène a été observé récemment par M. BLUMENTHAL dans le Taurus (au nord d'Adana), où la série mésozoïque, qui est encore plus riche en couches à radiolaires et en effusions basiques (serpentines, etc.) que la formation des Argille Scagliose, montre à certains endroits un „faciès à jaspé, ayant pour origine une boue à radiolaires, qui est intimement lié à des calcaires néritiques ou même à des roches clastiques (microbrèches ou grès bigarrés)". (v. BLUMENTHAL, Publ. Inst. d'Etudes et de Recherches Minières de Turquie, Série B no. 6, 1941).

<sup>2)</sup> A cet égard il est remarquable que les gisements de pétrole dans l'Emilia se trouvent dans des brèches calcaires d'âge probablement éocène situées en amas lenticulaire dans les argiles écailleuses (v. lit. no. 1 et 3).

L'âge de cette formation est assez dubieux. SACCO la place dans le „Parisien” à cause de quelques foraminifères d'âge Lutétien, qui ont été trouvés dans un niveau inconnu. Comme il n'est pas possible de fixer les limites de cette formation d'une manière plus précise, nous préférons parler provisoirement de l'Eocène inférieur et moyen (= „Alteozän” de BEETS), en l'opposant à l'Eocène supérieur (= „Bartonien” de SACCO = „Jungeozän” de BEETS). Il est clair que cette division doit être considérée comme absolument locale et provisoire.

La limite inférieure de la formation n'est nulle part visible dans les collines de Moncalvo-Casale. Le contact entre la formation mésozoïque et l'Eocène, qu'on trouve près de Murisengo est anormal.

On s'attendrait à trouver la limite supérieure dans le noyau de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio, mais elle n'y affleure pas. Sur le bord droit du T. Stura au SE de Pontestura on trouve des schistes marneux un peu gréseux et des marnes friables en succession concordante au-dessus de l'Eocène inférieur et moyen. Ce passage pourrait représenter la limite entre l'Eocène moyen et l'Eocène supérieur. Cependant cela n'est pas certain, parce que nous ne sommes pas parvenus d'y trouver des fossiles.

A part les quelques blocs épars dans les argiles écailleuses de Murisengo, l'Eocène inférieur et moyen affleure dans les collines orientales:

1. entre Casale, Ozzano et Pontestura (l'affleurement le plus grand),
2. près de Brusaschetto,
3. au NO d'Ottiglio dans le noyau de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio.

Nous n'avons pas pu vérifier l'affleurement indiqué sur la carte officielle près de Fabiano. L'Eocène de cette carte au nord et à l'est de Cardona et près de Salabue y manque sans aucun doute; on y trouve de beaux affleurements de l'Oligocène.

La formation éocène se décompose aisément, de sorte qu'il n'y a que très peu d'affleurements naturels. On peut cependant examiner cette formation de manière facile dans les multiples galeries de mines, qui percent les collines au SO de Casale et près de Brusaschetto. Dans ces mines sont exploités des calcaires marneux, qui fournissent des matériaux propres à la fabrication du ciment. La formation décrite ci-dessus ne ressemble pas aux dépôts éocènes que nous avons étudiés dans les Apennins septentrionaux. Pourtant LOVARI (lit. no. 5) déclare que certaines sociétés minières ont commencé en 1909 l'exploitation de formations pareilles à celles de Casale dans la proximité de Tortona et de Sarezzano, mais il semble que ces exploitations ont été abandonnées peu de temps après.

3. Eocène supérieur (= „Bartonien” de SACCO, = „Jungeozän” de BEETS).

Cette formation, le Bartonien des auteurs anciens, que nous appelons Eocène supérieur, suivant en quelque sorte l'interprétation de BEETS (lit. no. 2, p. 198), est constituée de marnes friables avec quelques intercalations de schistes gréseux, parfois même caillouteux. Nous nous lions à l'interprétation de BEETS selon laquelle il s'agit d'une formation néritique, parfois littorale (voir BEETS, p. 225). Dans les collines de Moncalvo-Casale elle n'affleure que sur une distance réduite dans l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio. La limite inférieure de la formation n'y est pas visible. La limite supérieure montre un passage presque insensible de l'Eocène supérieur à l'Oligocène: les schistes gréseux et caillouteux deviennent de plus en plus

nombreux, tandis que les marnes friables disparaissent peu à peu. Il ne peut donc pas être question d'une pseudo-concordance. BEETS a observé en plusieurs lieux des passages pareils à celui décrit ici, cependant il a trouvé des discordances distinctes en d'autres lieux. Nous supposons qu'une grande partie du bassin piémontais s'élevait au-dessus du niveau de la mer au commencement de la grande transgression oligocène. C'est à cause de cela que la formation de l'Eocène supérieur, qui se décompose si aisément, doit être enlevée par l'érosion dans plusieurs parties du Monferrato.

#### 4. Tongrien-Rupélien (= „Tongrien” de BEETS).

Cette formation est bien caractérisée par la fréquence de bancs caillouteux et de zones conglomératiques; du reste elle est constituée de marnes, de grès et de grès calcaires. Le manque de fossiles marins dans les zones conglomératiques est expliqué par BEETS par le décroissement de la salinité de la mer. La présence de fossiles marins dans certaines zones gréseuses ou marneuses serait une indication de périodes relativement courtes de caractère purement marin. Cette supposition est confirmée par la présence de couches de lignite assez importantes parmi les conglomérats et grès au SE de Cardona.

Comme nous avons exposé en 1941 (p. 117), nous nous sentons obligés du double point de vue géologique et paléontologique de supposer que l'Oligocène inférieur (Tongrien) manque dans les Apennins septentrionaux, quoiqu'il ne soit pas impossible qu'il y ait des dépôts locaux peu puissants de Tongrien (lit. no. 4, p. 162). Dans le bassin de Monferrato au contraire on trouve, à part quelques discordances distinctes mais locales, des passages nettement concordants et presque insensibles entre l'Eocène supérieur et l'Oligocène. Dans les collines occidentales la zone de passage se compose même alternativement de minces schistes de grès et de marne (nommés autrefois „Sestien”) dans lesquels on trouve une faune oligocène comprenant certaines espèces typiques de l'Eocène (BEETS, p. 199). Il est clair qu'il ne peut pas exister une lacune stratigraphique dans des lieux pareils. Cela veut dire qu'en général l'Oligocène inférieur ne manque pas dans les collines de Monferrato. Or nous croyons que l'histoire oligocène des Apennins septentrionaux et du bassin de Monferrato s'est développé comme suit. A la fin de l'Eocène un plissement important a eu lieu dans les Apennins septentrionaux, suivi par un soulèvement également assez important. Ce plissement ne se faisait sentir qu'assez peu dans le bassin de Monferrato (plissement des terrains éocènes de Casale, Brusaschetto, etc.); le soulèvement se manifestait seulement dans une faible régression de la mer. Après cela il y a eu une période d'érosion dans les Apennins septentrionaux (où l'Oligocène inférieur ne se déposait donc pas) pendant laquelle se sont déposés des sables et des conglomérats dans le bassin de Monferrato. Après qu'il s'était formé un relief assez considérable dans les Apennins septentrionaux, une submersion y a eu lieu, suivie par la déposition de gros conglomérats (provenant de régions fortement accidentées, situées beaucoup plus vers le Sud). Pendant ce temps-là la sédimentation dans le bassin de Monferrato s'est poursuivie, formant principalement des dépôts marneux, sableux ou caillouteux. Dans la partie la plus occidentale seulement sont déposés des conglomérats provenant du terrain élevé des Alpes occidentales. C'est ainsi que nous supposons que les dépôts du bassin de Monferrato nommés jusqu'ici Tongrien, représentent en grande partie les deux étages: Tongrien et Rupélien. Il est remarquable que nous n'ayons jamais rencontré de véritables zones conglomératiques dans la partie supérieure des dépôts oligocènes en question. Il

n'est pas improbable que la limite entre les étages Tongrien et Rupélien se trouve dans les collines de Moncalvo-Casale au-dessus des zones conglomératiques. Une étude spéciale sur la faune de ces dépôts pourrait avoir des résultats fort intéressants.

La limite supérieure du Tongrien-Rupélien n'est pas normale dans les collines orientales: la formation marneuse, que l'on connaît dans les collines occidentales („Oligocène supérieur" de BEERS, „Stampien" de SACCO; équivalent de notre „Chattien" des Apennins septentrionaux) y fait défaut. La bande „stampienne" figurant sur la carte officielle dans le flanc nord de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio n'y existe certainement pas: au-dessus de la formation conglomérato-gréseuse du Tongrien-Rupélien on trouve partout, en concordance parfaite, les marnes aquitaniennes.

Le Tongrien-Rupélien affleure dans les collines orientales:

1. Dans l'anticlinal de Murisengo-Cardona, où sa partie inférieure est constituée de grès calcaire d'une couleur bleu foncé. Ce grès affleure à l'est de Murisengo au bord de la vallée du T. Stura. Selon la carte officielle cette formation appartient à l'Helvétien. Cependant on trouve la continuation de ce grès en direction ESE en différentes parties de l'anticlinal, où il est situé régulièrement au-dessous des conglomérats dont l'âge oligocène n'est plus discuté. Malgré l'absence de fossiles-guides il est clair que ce grès, qui montre un passage presque insensible aux conglomérats nommés ci-dessus, et qui n'a aucune ressemblance aux dépôts éocènes, doivent appartenir à l'Oligocène inférieur. La partie moyenne du Tongrien-Rupélien de l'anticlinal de Murisengo-Cardona est constituée de conglomérats, dans lesquels on trouve des schistes, des granites, des porphyres, etc. d'origine alpine, ainsi que des calcaires, des grès, des serpentines, etc. d'origine apenninique. Près de Murisengo seulement ces conglomérats manquent; ils sont remplacés par des sables et des marnes gréseux. La partie la plus élevée du Tongrien-Rupélien dans l'anticlinal de Murisengo-Cardona est constituée de sables et de marnes avec intercalation de bancs caillouteux. Parmi ces dépôts on a trouvé à l'extrémité SE de l'anticlinal des couches de lignite (dans la guerre mondiale de 1914—1918 cette lignite a été exploitée; à présent les couches n'affleurent plus).
2. Dans l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio; les zones conglomératiques, de composition analogue à celle des conglomérats nommés ci-dessus, s'étendent ici, dans la partie inférieure et moyenne de la formation, de Piancerreto jusqu'à Salabue. Elles réapparaissent au ONO d'Ottiglio et on les retrouve en direction SE dans la proximité d'Olivola. Près de Piancerreto et de C. Ansaldi la composition des conglomérats change en ce sens qu'ils sont extrêmement riches en galets de serpentine.
- 3 et 4. Dans l'anticlinal de Fabiano et dans la proximité de Brusaschetto; la formation y est constituée de sables et de marnes avec de rares intercalations de bancs caillouteux.

Au SE de l'Éocène de Brusaschetto, ainsi que autour de l'Éocène au SO de Casale l'Oligocène fait défaut.

Nous en sommes venus à la conclusion qu'il y avait pendant le Tongrien-Rupélien une zone côtière ou au moins un haut-fond marqué au SO de l'anticlinal de Murisengo-Cardona. Les arguments suivants confirment cette supposition:

- a. le grain des dépôts tongriens-rupéliens (le grain des dépôts conglomératiques, ainsi que celui des dépôts sableux) diminue en direction N et NE.
- b. dans les grès calcaires de Murisengo, dont la composition même peut servir d'indication d'une sédimentation sub-littorale, BEETS a observé des phénomènes très intéressants qui ne peuvent se produire que dans la proximité immédiate de la côte (v. BEETS, p. 239).
- c. comme nous avons remarqué ci-dessus on trouve des couches de lignite dans le flanc méridional de l'anticlinal de Murisengo-Cardona (au SE de Cardona).

BEETS en est venu à la même conclusion pour expliquer le transport en direction est des galets d'origine alpine, compositeurs des conglomérats des anticlinaux de Murisengo-Cardona et de Piancerreto-Ottiglio. La répartition des zones conglomératiques dans les collines occidentales est telle qu'il est impossible que ce transport aurait eu lieu dans cette région, de sorte que BEETS suppose qu'il y ait eu un rivage ou bien un haut-fond allongé au sud des collines actuelles; le long duquel les galets alpines ont été transporté en direction est, pour se mêler aux galets apenniniques dans la région des collines orientales actuelles.

Apparemment les zones conglomératiques de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio indiquent des haut-fonds locaux, les fragments extrêmement nombreux de serpentine près de Piancerreto et de C. Ansaldi ne pouvant être originaires que d'élévations locales.

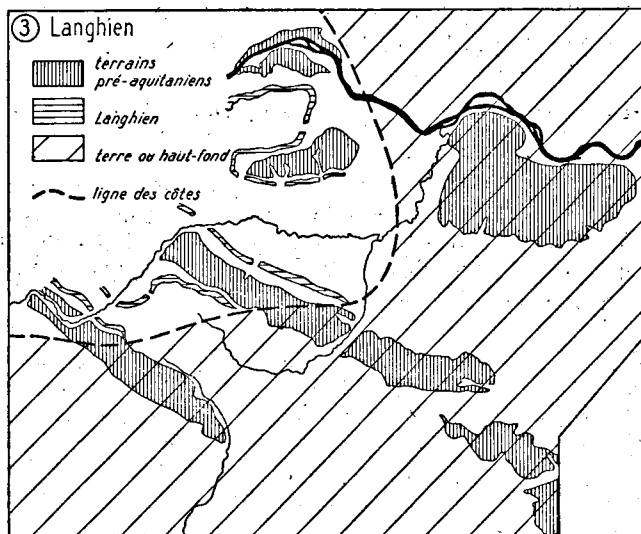
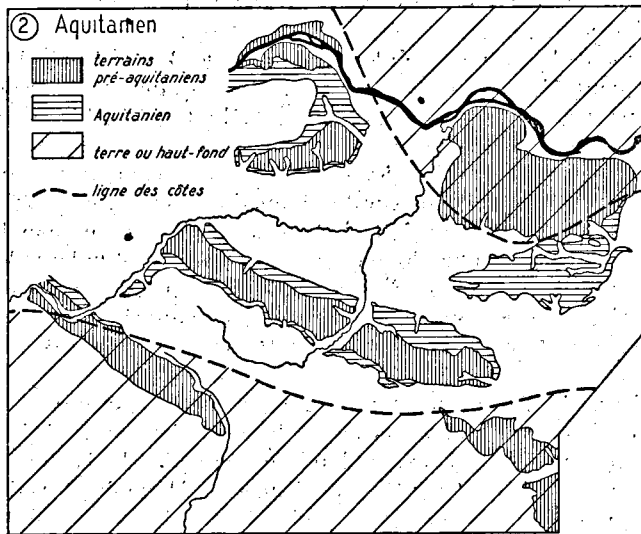
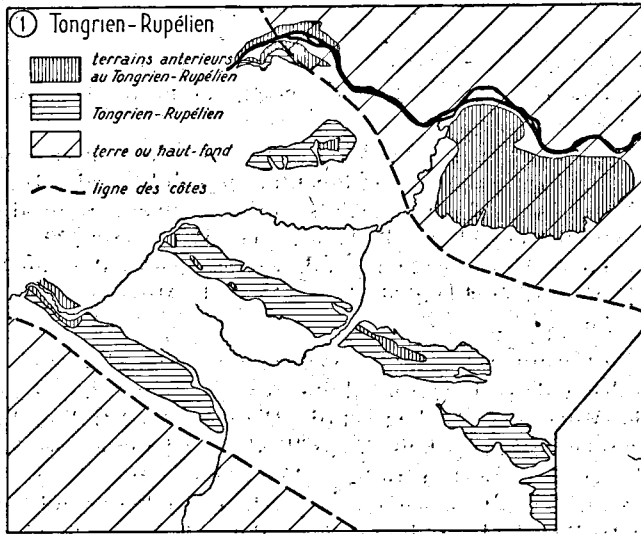
Il est remarquable que des dépôts sableux et marneux prennent la place des conglomérats dans la proximité immédiate du seul affleurement de l'Eocène supérieur (savoir au NO d'Ottiglio). Il faut en conclure que, dès la fin de l'Eocène supérieur, la mer y avait une profondeur locale un peu plus grande qu'ailleurs. C'est à cause de cela que les marnes friables de l'Eocène supérieur ne se sont pas décomposées avant la grande transgression oligocène, et qu'on trouve un passage nettement concordant entre l'Eocène et l'Oligocène.

L'absence de la formation tongrienne-rupélienne autour de l'Eocène de Casale-Ozzano, ainsi que l'amincissement de cette formation à l'est de Brusaschetto, nous prouve qu'il y avait dans ce temps-là de la terre ou bien un haut-fond marqué au N et au NE des collines de Moncalvo-Casale (voir fig. 1 carte no. 1). Les grandes régions synclinales cachent les dépôts oligocènes dans de telles distances que nous n'osons pas établir une carte paléogéographique plus détaillée. Les changements de faciès abrupts tels qu'on observe par exemple au NO d'Ottiglio où les conglomérats s'amincissent rapidement, rendraient une telle carte trop hypothétique<sup>1)</sup>.

##### 5. Chattien („Oligocène supérieur" de BEETS, „Stampien" de SACCO).

Comme nous avons remarqué ci-dessus le „Stampien" de SACCO (nous comptons ces dépôts parmi le Chattien, comme nous avons exposé en 1941) manque totalement dans les collines orientales de Monferrato. Il ne serait pas juste de supposer qu'il n'y ait jamais eu de dépôts de cet âge dans cette région. Les marnes friables, aisément décomposables peuvent avoir été enlevées par l'érosion en un temps relativement court. Vu que nous n'avons

<sup>1)</sup> C'est pourquoi nous pouvons nous accorder à peine à la carte no. 1 de p. 230 de BEETS, sur laquelle la répartition de la série marno-sableuse ( $s + m$ , unterbrochen von konglomeratischen Sedimenten, etc.) ne repose que sur des données trop éparses.



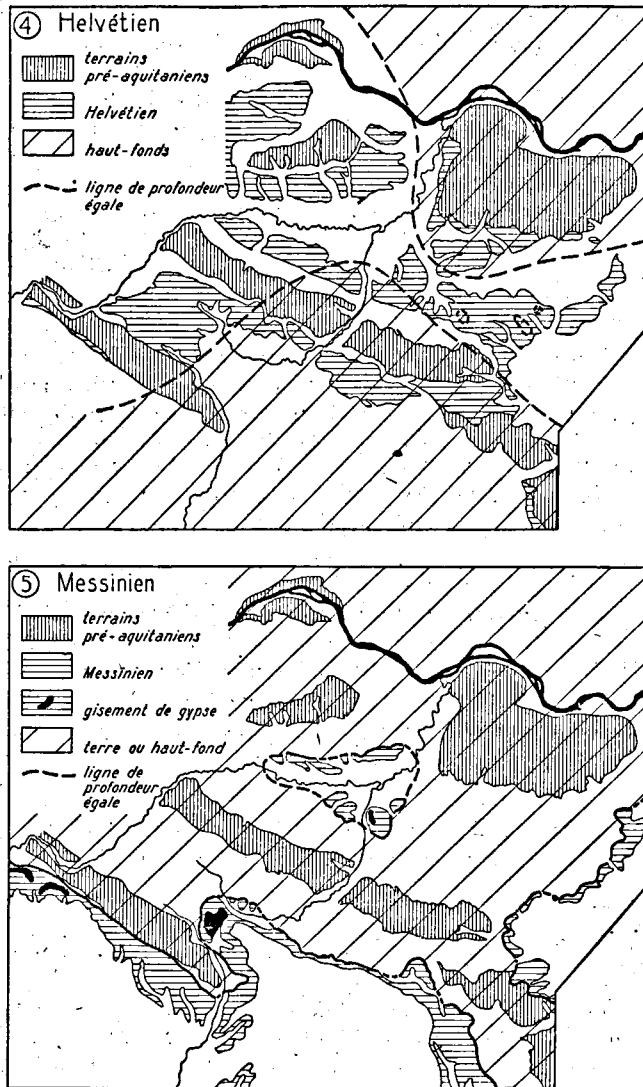


Fig. 1.

Cartes paléogéographiques de la partie orientale du bassin de Monferrato pendant le Tongrien-Rupélien (carte no. 1), l'Aquitaniens (carte no. 2), le Langhien (carte no. 3), l'Helvétien (carte no. 4) et le Messinien (carte no. 5).

Jamais trouvé de surfaces de discontinuité distincte entre le Tongrien-Rupélien et l'Aquitaniens, il est vraisemblable que ces sédiments ont eu une épaisseur réduite.

#### 6. Aquitaniens („Miocène inférieur” de BEETS).

Cette formation est nommée par BEETS Miocène inférieur. Nous préférons nous en tenir à la division usuelle, selon laquelle cet étage représente l'Aquitaniens.



Dans les collines orientales l'Aquitaniien est constitué principalement de marnes argileuses, parfois plus ou moins sableuses. Dans le flanc septentrional de l'anticlinal de Murisengo-Cardona l'Aquitaniien, qui y disparaît en s'amincissant, a un faciès distinctement littoral: la formation est très sableuse, riche en fragments de coquilles, de manière à former parfois de véritables brèches de coquilles. Les *Pectinidae* et les *Ostracidae* en sont les compositeurs principaux.

Dans les deux flanc de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio l'Aquitaniien est très argileux, de sorte qu'il se décompose aisément. Malgré le manque d'affleurements, on peut y suivre tout le long de l'anticlinal l'Aquitaniien qui se manifeste dans des dépressions de terrain étroites et allongées.

A l'ouest d'Ottiglio la formation disparaît en s'amincissant (ici on ne trouve pas un faciès littoral). Contrairement à ce qu'on observe sur la carte officielle elle ne réapparaît pas à l'est d'Ottiglio et elle manque de même dans le flanc septentrional de l'anticlinal d'Olivola-Vignale (Sacco doutait déjà en 1889 de l'âge aquitaniien de ces dépôts).

Dans l'anticlinal de Fabiano on retrouve le faciès argileux de l'anticlinal de Piancerreto-Ottiglio. Dans la proximité de Brusaschetto la formation est plus sableuse. A l'est de Brusaschetto la formation affleurant largement le long du Po montre une composition typique: les couches marno-sableuses y alternent avec de minces couches de grès.

Reste encore la région aquitaniienne au SE d'Ozzano, où l'on ne trouve que peu d'affleurements. L'Aquitaniien y est assez sableux. A l'ouest et au SO de l'Eocène de Casale-Ozzano l'Aquitaniien fait défaut.

De ces observations résulte (v. fig. 1 carte no. 2):

1. qu'il y avait pendant l'Aquitaniien une zone côtière dans la partie méridionale des collines orientales de Monferrato (la ligne des côtes du Tongrien-Rupélien s'est déplacée en sens nord).
2. que le rivage ou le haut-fond, dans la partie NE de la région subsiste tel qu'il s'était formé au commencement de l'Oligocène.

## 7. Langhien.

Le Langhien piémontais est constitué de marnes calcaires blanches ou grises alternées par des couches calcaires concrétionnaires. Nous nous sommes occupés largement de cette composition en 1941 en appelant l'attention sur le caractère plutôt néritique que bathyal de ce faciès. BEETS a fait des observations remarquables supportant notre point de vue (BEETS, p. 215).

Dans le flanc septentrional de l'anticlinal de Murisengo-Cardona, dans lequel le Langhien disparaît en s'amincissant (comme l'Aquitaniien) la formation est plus argileuse que d'ordinaire. Les couches calcaires concrétionnaires n'y apparaissent que rarement. On n'y trouve pas un faciès distinctement littoral, tel que nous avons observé dans l'Aquitaniien.

Dans le flanc méridional de l'anticlinal de Piancerreto-Salabue le Langhien montre son faciès normal. Vers l'est où le Langhien disparaît en s'amincissant à environ 3 km au ESE de Piancerreto, la formation est plus sableuse, quoiqu'il ne se développe pas un faciès distinctement littoral.

Dans le flanc septentrional au contraire on peut observer, en allant de l'ouest vers l'est, un changement de faciès plus important. La formation y devient de plus en plus sableuse; on trouve de côté et d'autre des brèches de coquilles et des couches riches en *Pectinidae*. Enfin le Langhien au NO de Salabue est constitué de grès calcaires très résistants représentant un

faciès nettement littoral. Ces grès forment le point le plus élevé (443 m) des collines de Moncalvo-Casale, sur lequel se trouve le fameux Sanctuaire de Crea. Au NE de Salabue le Langhien au faciès littoral s'amincit et disparaît.

Selon la carte géologique officielle le Langhien manque dans le flanc méridional de l'anticlinal de Fabiano. Nous croyons cependant d'y avoir reconnu cette formation; seulement elle y est moins riche en calcaire, de sorte qu'elle est moins résistante et n'affleure que sur des points épars.

Dans le flanc septentrional de l'anticlinal de Fabiano et au SO de Brusaschetto le Langhien montre sa composition normale. La formation y forme un demi-cercle net autour de la région synclinale des marnes helvétiques.

Autour de l'Eocène de Casale-Ozzano le Langhien fait entièrement défaut.

On peut conclure (v. fig. 1, carte no. 3) que pendant la sédimentation des dépôts langhiens la ligne méridionale des côtes s'est déplacée encore plus vers le Nord, et que, à l'intérieur de la région traitée ici, elle s'est jointe au haut-fond de Casale. Ainsi que pendant l'Aquitaniens il ne s'est déposé pas de sédiments dans les collines situées plus vers l'est.

## 8. Helvétien.

La grande transgression helvétique, constatée dans les Apennins septentrionaux ainsi que dans les collines situées au nord d'Alessandria (aux environs de Pecetto di Valenza et de Ponaro Monferrato) se manifeste distinctement dans la région, que nous traitons ici. C'est surtout autour de l'Eocène de Casale, dans la dépression de l'anticlinal de Piacerreto-Ottiglio entre Ottiglio et Olivola, et le long de l'Oligocène de Vignale que le caractère transgressif de l'Helvétien saute aux yeux.

Dans les collines orientales il y a deux faciès différents de l'Helvétien: l'un marneux, l'autre gréseux.

Les marnes, qui sont argileuses et un peu sableuses, de couleur blanc et d'une friabilité marquante, s'étendent principalement dans la partie ouest des collines orientales, savoir: dans le flanc méridional de l'anticlinal de Murisengo-Cardona, dans le synclinal d'Oddalengo Piccolo, dans le synclinal entre Piacerreto et Fabiano, et dans la région synclinale entre Fabiano et Brusaschetto. Elles contiennent beaucoup de fossiles, qui sont cependant généralement mal conservés.

En direction est les marnes helvétiques d'Oddalengo Piccolo deviennent de plus en plus sableuses pour se transformer, un peu à l'est de Perno, en de véritables grès marneux, dont les bancs ont souvent une largeur de plusieurs mètres. Entre Ottiglio et Moncalvo ces grès (le „tuffo" des Italiens) sont exploités comme pierres de construction. On peut suivre ces grès helvétiques en direction est jusqu'à trois kilomètres à l'est d'Ottiglio, où l'Helvétien repose transgressivement sur la dépression locale de l'anticlinal de Piacerreto-Ottiglio. En sens SE on retrouve les grès helvétiques près de Vignale.

Dans le flanc nord de l'anticlinal de Piacerreto-Ottiglio les marnes se transforment également en direction est en grès marneux (environ au nord de Salabue). Mais ces grès ne forment qu'une bande assez étroite le long de l'anticlinal et s'étendent à peine plus loin qu'à l'est de Cereseto. Le synclinal de Cereseto-Cellamonte est constitué principalement de marnes sableuses avec des „îles" de grès, sur lesquelles ont été construits les villages de Sala, Cellamonte et Rosignano.

Au sud et à l'ouest de l'Eocène de Casale-Ozzano on retrouve les grès helvétiques.

Il est clair que l'Helvétien, comme tous les autres formations oligocènes et miocènes, s'est déposé dans un bassin d'une profondeur assez réduite; vu le caractère transgressif de l'Helvétien il faut pourtant admettre, que la mer helvétique inondait toute la région. Cependant la répartition des deux faciès différents nous permet de donner une esquisse de la paléogéographie de la mer helvétique (v. fig. 1, carte no. 4). Il est logique (et conforme à la paléogéographie des étages antérieurs à l'Helvétien) de supposer que les grès ont été déposés dans des régions moins profondes que celles où se déposaient les marnes. Il en résulte: qu'il y avait pendant l'Helvétien un vaste haut-fond dans la partie méridionale des collines de Moncalvo-Casale (correspondant à peu près à la zone côtière qui se trouvait dans cette partie dans les temps antérieurs); qu'il y avait un autre haut-fond là où se trouve maintenant l'Eocène de Casale-Ozzano; et qu'il y avait en outre des hauts-fonds locaux dans la région synclinale de Cereseto-Cellamonte, formant les „îles" sur lesquelles se trouvent aujourd'hui Sala, Cellamonte et Rosignano.

### 9. Tortonien et Messinien.

La répartition du Tortonien et du Messinien nous montre qu'il y a des discordances entre l'Helvétien et le Tortonien d'une part et entre le Tortonien et le Messinien d'autre part. Selon SACCO ces discordances ont été constatées en différents lieux dans les collines de Monferrato. Mais le Tortonien, qui est constitué d'argiles homogènes de couleur gris-blanc, qui se décomposent aisément, n'affleure presque jamais. Nous l'avons observé une fois seulement: au NE de Moncalvo, où ces argiles étaient exploitées autrefois pour la fabrication de poterie.

Le Messinien, qui est constitué principalement de marnes sableuses, montre aussi peu d'affleurements en général. Les brèches de grès seules, qui s'intercalent çà et là dans cette formation, affleurent à certains points (e.a. à l'est de Moncalvo et au nord de Cereseto). Du reste ce n'est que dans les plâtrières que le Messinien (cela veut dire sa partie moyenne) affleure. La plâtrière la plus importante se trouve au nord de Cereseto. Les couches de gypse y atteignent une épaisseur de plus de 7 mètres. D'autres plâtrières se trouvent au sud de Murisengo et à l'ouest de Moncalvo; ces dernières sont abandonnées aujourd'hui.

Comme nous avons exposé en 1941, il ne faut pas considérer le Tortonien comme un sédiment d'eau profonde. Au contraire il y avait pendant le Tortonien une régression; la différence entre la composition de l'Helvétien et du Tortonien s'explique par la différence de la quantité de matériel transporté dans le bassin. Le fait qu'on trouve des organismes d'eau saumâtre dans la partie supérieure du Tortonien, ainsi que la présence de lentilles de sable et même de gravier mentionnée par SACCO, confirment notre supposition.

En 1941 nous avons décrit comment cette régression, qui a commencé dès la fin de l'Helvétien, se poursuit pendant le Messinien, formation qui doit avoir été déposée en grande partie dans de l'eau douce ou saumâtre.

Par suite du manque d'affleurements il n'est pas possible de se former une idée un peu précise de la paléogéographie du Tortonien ou du Messinien. A cet égard il est remarquable que BEETS explique la distribution de certaines lentilles de sable et de gravier dans le Messinien des collines occidentales par la présence, pendant le Messinien, de langues de terre (ou de hauts-fonds)

correspondantes aux structures anticlinales d'aujourd'hui. La présence de gisements de gypse près de Murisengo, à l'ouest de Moncalvo et au nord de Cereseto confirme cette supposition, parce qu'ils doivent avoir été déposés dans de petits bassins ou dans des golfes plus ou moins barrés au bord des hauts-fonds et entre les langues de terre qui correspondent aux anticlinaux actuels. Aussi est-il logique qu'on peut considérer la limite inférieure (nettement discordante) du Messinien en quelque sorte comme une ligne de profondeur égale du bassin de Monferrato pendant la déposition du Messinien (v. fig. 1, carte no. 5).

Un fait remarquable apparaît dans la figuration paléogéographique du bassin piémontais: c'est le renversement du relief après la déposition de l'Helvétien.

#### 10. Plaisancien et Astien.

Le Plaisancien est constitué d'argiles de couleur bleu foncé, qui n'affleurent que rarement (presque seulement dans des tranchées de chemin nouvelles ou dans d'autres travaux de terrassement) parce qu'elles se décomposent très vite. Ces argiles contiennent une faune très riche.

L'Astien au contraire est très sableux, il a presque partout (p. ex. près de Moncalvo) un faciès nettement littoral. Les deux formations ne se trouvent que dans la partie méridionale des collines de Moncalvo-Casale. Tous les deux ont un caractère transgressif. Elles se sont déposées dans une mer peu profonde (v. BEETS, p. 223), la seule différence se montrant dans la quantité et la grosseur des matériaux transportés.

En allant de Calliano vers Moncalvo on peut constater dans l'Astien le passage des dépôts de mer peu profonde, sableux et très homogènes, aux dépôts purement littoraux, montrant des brèches de coquilles, des bancs de huîtres, de la stratification entrecroisée, des discordances en miniature à cause de stratification transversale, etc.

### TECTONIQUE.

Dans les collines orientales on peut distinguer les structures suivantes:

1. les structures éocènes de Casale et de Brusaschetto.
2. le petit anticlinal (E—O) de Fabiano.
3. les grands anticlinaux (NO—SE) de Murisengo-Cardona, de Piancerreto-Ottiglio et d'Olivola-Vignale.
4. l'anticlinal (SO—NE) de Montalero (celui-ci est situé plus ou moins au dehors de la région dont il est question ici, de sorte que nous ne le traiterons pas).

Les structures les plus anciennes sont celles de Casale et de Brusaschetto. L'Éocène a été plissé intensivement, comme on peut constater dans les galeries de mines. On y observe d'ailleurs de nombreuses failles de rejet vertical grand ou petit, le long desquelles la masse argileuse, plastique, a souvent pénétré dans les couches calcaréo-marneuses. On trouve aussi parmi les argiles des fragments épars de ces bancs, formant parfois même de véritables brèches de fragments calcaires.

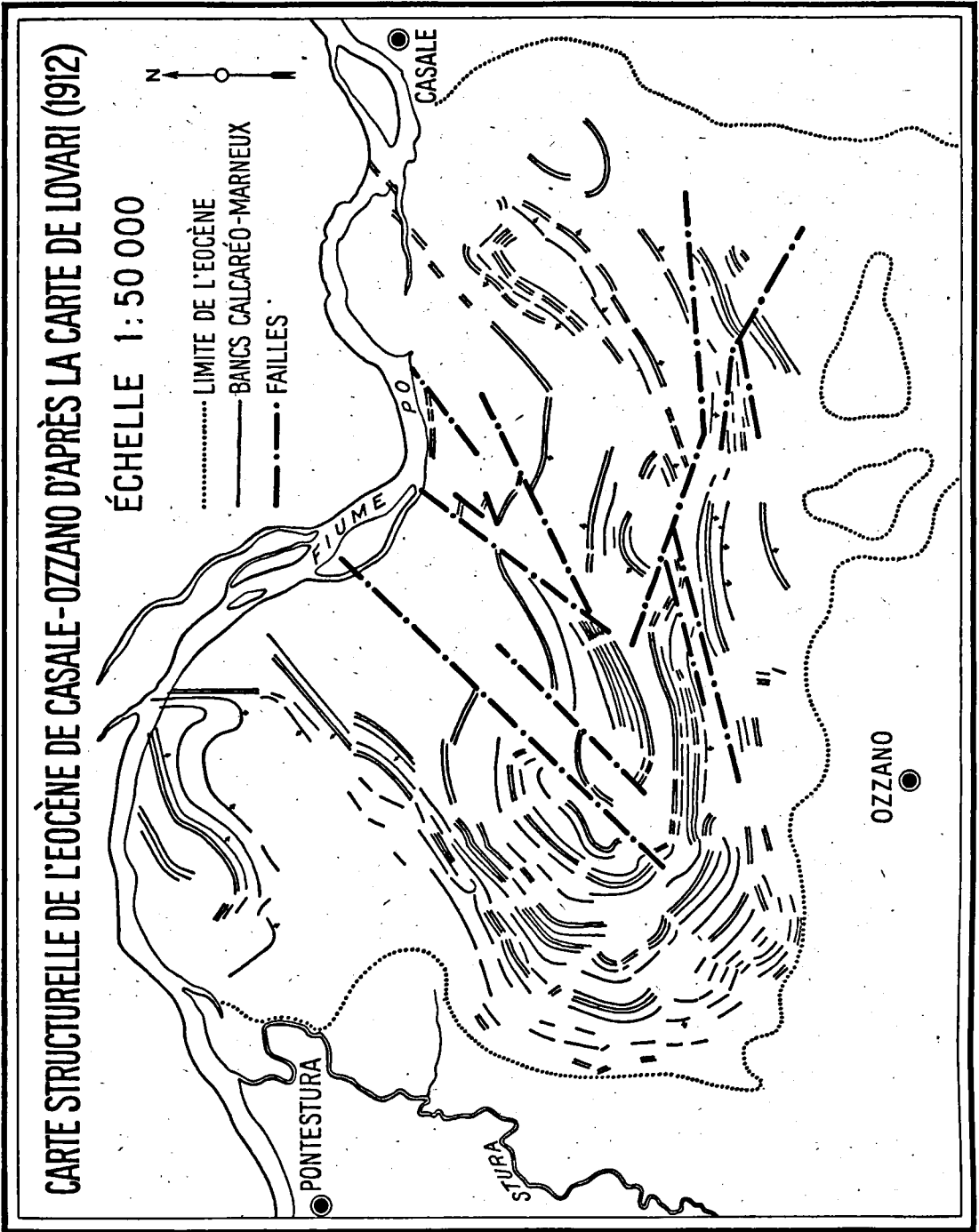


Fig. 2.

Les formations qui reposent en discordance sur l'Eocène (p. ex. le Tongrien-Rupélien près de Brusaschetto, l'Aquitaniens près de Casale) ont été plissées beaucoup moins intensivement que l'Eocène lui-même. Il est donc clair que ces complexes éocènes, de même que l'Eocène des Apennins septentrionaux, ont été affectés par un plissement vers la fin de l'Eocène. Ce plissement pré-oligocène a fait naître, selon BEETS (p. 241), dans les collines occidentales des structures de direction E—O. Cette constatation ne correspond pas à ce qu'on trouve dans les collines orientales. L'Eocène de Casale représente un anticlinal de direction SO—NE, comme le montre la carte structurelle que M. l'ingénieur D. LOVARI a composée en 1912 à l'instigation des sociétés minières, et que nous reproduisons ici en forme plus concise (fig. 2) <sup>1)</sup>.

Dans la région de Brusaschetto les données sont trop éparses pour permettre de donner une idée un peu précise de la structure éocène, d'ailleurs très compliquée.

Dans l'anticlinal de Fabiano les affleurements sont tellement rares qu'il n'est pas possible d'y faire des observations concernant la structure géologique.

A cet égard on trouve des circonstances plus favorables dans les grands anticlinaux de direction NO—SE. Cependant les données y sont encore trop éparses pour la construction de coupes géologiques complètes.

Les anticlinaux de Murisengo-Cardona et de Piaccerreto-Salabue ont une structure très asymétrique. Dans l'anticlinal de Piaccerreto-Salabue cela se manifeste distinctement dans la position des serpentines de la formation des „argille scagliose”. Dans l'anticlinal de Murisengo-Cardona on trouve des failles inverses qui donnent naissance aux redoublements de la série tongrienne-rupélienne. Probablement il y a dans l'anticlinal de Piaccerreto-Ottiglio une grande faille là où se trouve maintenant la vallée du Rio Colobrio. A l'est de cette vallée l'anticlinal n'a plus la structure asymétrique que l'on observe entre Piaccerreto et Salabue. Près d'Ottiglio l'axe de l'anticlinal descend en direction SE. On trouve sa continuation près d'Olivola, d'où l'anticlinal peut être suivi dans la direction de Vignale.

Vu la structure assez compliquée du Tongrien-Rupélien et la position plus régulière des étages Aquitaniens, Langhien et Helvétien, on serait porté à supposer qu'il y ait été un plissement marqué à la fin du Rupélien. Cependant il ne s'agit pas d'un plissement marqué; aussi n'y a-t-il pas de changements essentiels dans la paléogéographie du bassin. Nous croyons que l'interprétation la plus vraisemblable est celle de BEETS, qui suppose qu'il y avait de faibles plissements presque continus pendant la plus grande partie du Tertiaire, interrompus par trois phases principales de plissement: vers la fin de l'Eocène, vers la fin du Miocène, et vers la fin du Pliocène.

En outre la différence entre la structure compliquée de la plus grande partie du Tongrien-Rupélien et la structure plus régulière des étages Aquitaniens, Langhien et Helvétien, peut être attribuée au contact immédiat entre le Tongrien-Rupélien et les argiles très plastiques de la formation des „argille scagliose”, contact, qui se révèle dans l'affleurement des argiles écaillées près de Murisengo et dans l'affleurement des blocs de serpentine au SE de Piaccerreto. A ce point de vue il est remarquable que la structure de l'anti-

<sup>1)</sup> Cette carte, accompagnée d'un petit livre dans lequel tous les données disponibles en 1912 sont réunies, a été publiée dans une édition peu nombreuse. C'est à cause de cela qu'elle est presque inconnue dans la littérature géologique. La S. A. „Italcementi” a eu la bonté de nous fournir un exemplaire de cette carte.

clinal de Piancerreto-Ottiglio est normalement symétrique à l'est de la faille de la vallée du Rio Colobrio, c. à. d. dans la région où se trouvent des dépôts éocènes entre les „argille scagliose” et le Tongrien-Rupélien.

La position de l'Aquitaniien, du Langhien et de l'Helvétien est généralement très régulière, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'admettre, entre l'Aquitaniien et le Langhien et entre le Langhien et l'Helvétien, des plissements plus ou moins marqués, comme nous en avons constaté dans les Apennins septentrionaux. Dans le bassin de Monferrato on aperçoit au contraire un changement important pendant la déposition des formations tortoniennes et messiniennes (= phase de plissement nommée par BEETS „spätmiocäne Faltung”).

Un faible plissement vers la fin de Pliocène termine l'histoire orogénétique du bassin de Monferrato.

### RÉSUMÉ SYNTHÉTIQUE.

L'histoire géologique de Monferrato est marquée par une série de trans-

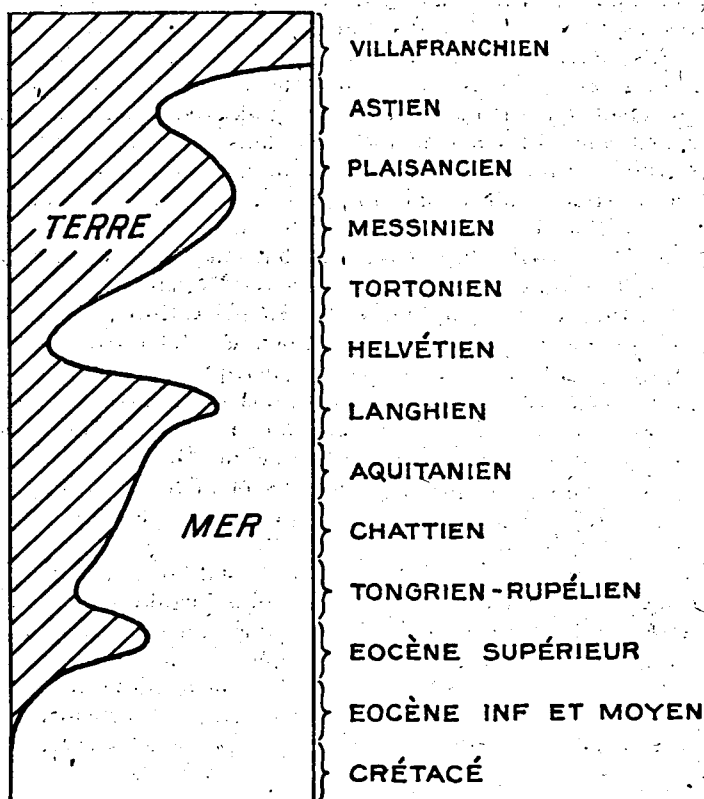


Fig. 3.

Schéma montrant l'extension des transgressions et régressions de la mer dans la partie orientale du bassin de Monferrato.

gressions et de régressions de la mer, qui se manifestent généralement d'une manière très distincte dans la partie orientale de ces collines. Nous avons résumé cette histoire schématiquement dans la fig. 3<sup>1)</sup>.

Dans les règles qui suivent nous décrirons à grands traits le développement de la partie orientale du bassin de Monferrato à partir du Jurassique jusqu'à la fin du Pliocène.

Pendant le Jurassique et le Crétacé un grand bassin assez profond (mais certainement pas abyssal) s'étendait des Alpes occidentales (schistes lustrés) jusqu'au SE de Bologna. Ce bassin était entouré de terre ayant peu ou point de relief, de sorte qu'il y avait peu de transport de matériaux terrigènes. Des dépôts argileux se formaient. A la fin du Crétacé une grande régression s'est manifesté (déposition de conglomérats dans les collines occidentales, voir BEETS p. 224). Après cette régression le bassin de Monferrato était peu profond et plus ou moins barré. Des argiles bitumineuses et des calcaires marneux se déposaient. Au commencement de l'Eocène supérieur la régression s'est poursuivie: il s'est formé un sédiment de marnes friables alternant avec des couches sableuses, parfois même caillouteuses. A la fin de l'Eocène un plissement s'est manifesté. Les „noyaux" éocènes de Casale et de Brusaschetto se sont formés.

L'Oligocène a commencé par une transgression, pendant laquelle il y avait des côtes ou bien des hauts-fonds dans le sud et dans le NE de la région. La quantité de matériel caillouteux amené par les rivières des régions récemment soulevées (Alpes occidentales, Apennins septentrionaux) était grande et a donné naissance aux zones conglomératiques. A la fin du Rupélien le relief des régions soulevées avait beaucoup diminué, de sorte qu'il y avait peu de transport pendant le Chattien („Oligocène supérieur" de BEETS). Le bassin chattien était d'ailleurs beaucoup moins étendu que le bassin tongrien-rupélien.

Pendant l'Aquitainien la zone côtière (ou le haut-fond) dans le nord du bassin a subsisté, tandis que la ligne des côtes méridionale s'est déplacé plus au nord que pendant le Tongrien-Rupélien. Le matériel transporté était plus gros et plus abondant que pendant le Chattien, de sorte qu'il faut admettre un léger soulèvement des régions entourantes au commencement de l'Aquitainien. Pendant le Langhien le relief de ces régions avait diminué de nouveau. La quantité de matériel transporté dans le bassin était donc assez réduite. Il y avait des circonstances favorables à la formation de dépôts calcaires. La mer s'était retirée plus vers l'ouest, de sorte que toute la partie orientale des collines de Moncalvo-Casale n'était plus submergée.

Après le Langhien la grande transgression helvétique a commencé; le matériel transporté dans le bassin est devenu plus abondant et plus gros. La paléogéographie du bassin s'est changée un peu: à l'ouest de Moncalvo la ligne des côtes (dans ce cas: ligne de profondeur égale) ne s'étendait plus en direction ouest.

Pendant le Tortonien et le Messinien les mouvements orogéniques, presque continus pendant tout le Tertiaire, se sont manifestés dans un plissement plus marqué, qui a produit un renversement de relief. Pendant le Messinien la régression, qui avait commencé dès la fin de l'Helvétien a atteint son ex-

<sup>1)</sup> Ce schéma est plus ou moins hypothétique en ce qui concerne la division de terre et de mer pendant le Chattien: Nous ne pouvons pas en juger, parce qu'il est probable que cette formation ait été enlevée par l'érosion dans la région traitée ici.



tension maximale. Des lentilles de gypse se sont formées, les coquilles de formes saumâtres prévalent.

Enfin la grande transgression pliocène a submergé le bassin de Monferrato pour la dernière fois. Un faible plissement, suivi par le soulèvement définitif de la région entière au-dessus du niveau de la mer termine l'histoire tertiaire du bassin de Piémonte.

### BIBLIOGRAPHIE.

1. ANELLI, M. and A. BELLUIGI. „Search for oil in Parma-district, Western Italy”. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. Vol. 16 no. 11, Nov. 1932.
2. BEETS, C. „Die Geologie des westlichen Teiles der Berge von Monferrato zwischen Turin und Murisengo”. Leid. Geol. Meded. Deel XII, 1942. („De geologie van het westelijk deel van het heuvelland van Monferrato tusschen Turijn en Murisengo”, diss. Leiden 1941).
3. GIGNOUX, M. „Alcune riflessioni sulle condizioni di giacimento dei petroli Emiliani e sulla tettonica dell'Appennino”. Boll. Soc. Geol. It. vol. 41, 1922.
4. VAN DER HEIDE, S. „De geologie van het gebied tusschen Scrivia en Staffora”. Diss. Leiden 1941; Leid. Geol. Meded. Deel XII, 1942.
5. LOVARI, D. „Descrizione dei giacimenti calcareo-marnosi delle colline di Casale Monferrato ed alcuni cenni sulla loro utilazione per la produzione della calce idraulica e del cemento”. Min. Agric. etc. Roma 1912.
6. SACCO, F. „Bacino terziario di Piemonte”. Turin 1889.
7. SACCO, F. „Le formazioni abissali in Italia”. Atti Acc. Sc. Torino, vol. 66, 1931.
8. SACCO, F. „Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Bacino terziario del Piemonte”. Min. Corp. R. Uff. Geol. Roma 1935.

# CARTE GÉOLOGIQUE DES COLLINES DE MONCALVO-CASALE DESSINÉE D'APRÈS LA CARTE GÉOLOGIQUE D'ITALIE (FEUILLE N° 57) AVEC QUELQUES CORRECTIONS LOCALES

ÉCHELLE 1:100 000

