

APVE  
EXPLO  
1120

Federico Barnaba  
Buja (Udine)

N. 10

# LE GAZ ET LE PÉTROLE DANS LA PLAINE DU PO

PAR

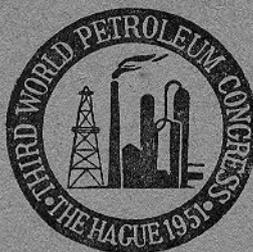
DANTE JABOLI

*Tirage-à-part des :*

ACTES ET DOCUMENTS DU TROISIEME CONGRES MONDIAL DU PETROLE

SECTION I

4 Le gaz et le pétrole dans la plaine du Po 4  
(D. JABOLI)



LEIDEN  
E. J. BRILL  
1951

# LE GAZ ET LE PÉTROLE DANS LA PLAINE DU PO

PAR

DANTE JABOLI \*

## Résumé

La communication décrit les méthodes de recherche et trace l'histoire de l'exploration de la Plaine du Po. Les conditions géologiques dans le sous-sol de la plaine du Po, qui appartient au système externe de plissements des Appenins, sont exposées; on indique que les récentes découvertes sont d'une grande valeur pour d'autres zones de la même région géologique dans le centre et le sud de l'Italie.

De nombreux anticlinaux dont la direction est parallèle à celle des Appenins ont été découverts par les méthodes géophysiques et les forages d'exploration. Les couches incluses dans le plissement sont des sables et marnes oligocènes et miocènes qui sont recouvertes par des dépôts sub-horizontaux pliocènes et quaternaires.

Les réservoirs les plus importants sont situés dans les formations sableuses du Miocène supérieur à la crête d'anticlinaux et produisent du gaz et de la gazoline avec de faibles quantités d'huile. D'importants indices de pétrole dans les formations sableuses du Miocène moyen et inférieur sont maintenant en cours d'exploration au moyen de forages très profonds. Mention est faite également d'une production de gaz à partir de formations quaternaires dans l'est de la plaine du Po.

La possibilité d'une production à partir de structures déjà situées mais non encore testées est discutée, ainsi que la possibilité de trouver du pétrole dans des réservoirs non-anticlinaux.

## Synopsis

Research methods and the exploration history of the Po Valley are described.

Geological conditions in the subsurface of the Po Valley, which are a part of the external fold system of the Appenines, are discussed; it is pointed out that

the recent discoveries are of great value for other zones of the same geological region in the central and southern part of Italy.

Many anticlines, having a trend parallel to that of the Appenines, have been discovered by geophysical methods and exploration drilling. The strata involved in the folding are Oligocene and Miocene sands and shales which are covered by sub-horizontal Pliocene and Quaternary beds.

The most important reservoirs are located in the sandy formations of the upper Miocene on the crests of anticlines and produce gas and gasoline with small amount of oil. Important indications of oil in sandy formations of the middle and lower Miocene are now being explored by very deep wells. Mention is also made of gas production from Quaternary formations in the eastern part of the Po Valley.

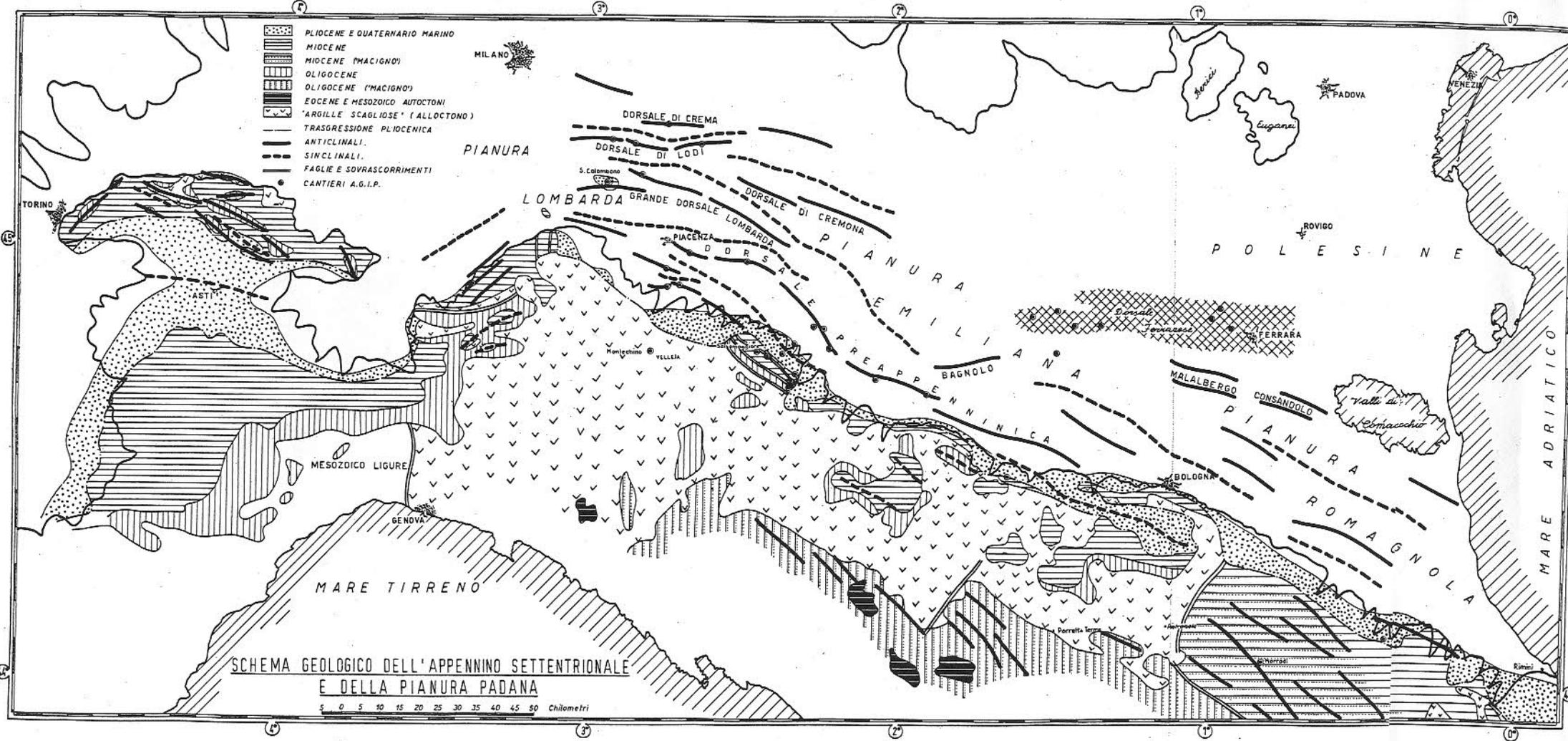
Production possibilities from structures already located and not yet tested are discussed, as well as oil possibilities from non-anticlinal reservoirs.

## Introduction

Les vues présentées dans ce rapport ont été exclusivement déduites des travaux exécutés dans la plaine du Pô par l'Azienda Generale Italiana Petroli (A.G.I.P.); et les résultats que nous examinerons (nécessairement d'une manière très schématique), proviennent d'un long travail des géologues de l'A.G.I.P. Rappelons parmi eux: C. Migliorini, R. Signorini, E. Marchesini, G. Facca, E. Di Napoli, L. Lucchetti.

La reconstitution structurale de la Plaine du Pô a été élaborée d'après les levés géophysiques exécutés par les équipes gravimétriques et sismiques de l'A.G.I.P., dirigées par les géophysiciens T. Rocco, M. Franchini et C. Contini, et par les équipes sismiques de la Western Geophysical Company, qui, sous la direction des géophysiciens M. Boccallery et

\* Azienda Generale Italiana Petroli, Roma.



T. Rocco collaborent actuellement avec l'A.G.I.P. à l'exploration de la Plaine du Pô.

### Historique des recherches

Le géologue C. Porro (1)\* fut le premier, qui eut l'idée d'attribuer les très nombreux et apparents indices de gaz et de pétrole du versant Nord des Apennins Septentrionaux à la présence d'anciens gisements détruits par des mouvements diastrophiques et dégradés par l'érosion; et qui pensa, par conséquent, que l'on pourrait plutôt trouver d'importants gisements au-dessous de la Plaine du Pô, où les mêmes formations minéralisées devaient se prolonger dans des conditions tectoniques plus douces, et au-dessous d'une couverture plus efficiente.

Les recherches, commencées pour l'Etat dans la plaine du Pô par l'Azienda Generale Italiana Petroli en 1926, furent guidées dès le début par cette hypothèse, confirmée en suite par les résultats d'un important levé gravimétrique, qui fut complété dans la partie méridionale de la plaine du Pô de 1927 à 1936 (2, 3). On découvrit en effet des reliefs ensevelis, qui furent subdivisés en deux groupes: l'un plus méridional ou des „Reliefs Préapennins” et l'autre plus septentrional, ou „dorsale Mesopadana”, se distinguant par de différentes caractéristiques stratigraphiques et structurales (4).

De 1926 à 1941 presque toutes ces anomalies gravimétriques furent sondées par des forages profonds, mais les résultats industriels obtenus furent très modestes, se réduisant à la découverte des deux petits champs de Podenzano (1926) et Fontevivo (1931). Un regard rétrospectif démontre que l'interprétation des données que l'on recueillit fut aussi pendant longtemps très douteuse pour deux raisons: la première due à une erreur de point de vue, qui faisait attribuer une importance excessive aux „Argille Scagliose”, soit comme roche mère possible de pétrole, soit comme noyau diapryique des reliefs ensevelis, soit comme couverture allochtonique d'une hypothétique couche productive; la seconde due à ce que l'interprétation du levé gravimétrique donnait seulement des indications de valeur certaine pour l'orientation générale, mais insuffisantes pour déterminer l'emplacement le plus favorable des sondages.

Nous ne parlerons pas de l'évolution des recherches, qui du reste a déjà été exposée (5, 6); mais nous observons que tous ces longs et coûteux travaux ne furent pas inutiles. Ils confirmèrent une tectonique du prépliocène dans la Plaine du Pô et permirent de constater que, dans une grande partie des

niveaux de la puissante série du Néogène et du Quaternaire, il y avait beaucoup de manifestations d'hydrocarbures. Ces données furent les prémisses du succès, qui fut atteint avec l'introduction du moyen géophysique le plus adéquat. En 1940, le A.G.I.P., avec un équipement sismique à réflexion, acquis de la Western Geophysical Co., commençait l'exploration, soit des structures déjà forées, soit des autres zones jugées favorables à la suite de considérations théoriques (7, 8).

En 1942 le premier sondage productif dans le petit champ de S. Giorgio, découvert par cette méthode, démontrait son efficacité à tel point qu'on exécuta tout de suite un sondage profond à Caviaga sur un des anticlinaux de la Plaine du Pô, que l'exploration sismique avait indiqué (rapports inédits des géologues C. Migliorini et R. Signorini et des géophysiciens T. Rocco et M. Franchini).

Lorsque une recherche qui eut lieu à Caviaga en 1943 rencontra le gaz sec à une pression élevée dans les sables du Miocène Supérieur (1944), l'aspect général présenté par les profils sismiques d'exploration, qui entretemps avaient été étendus jusqu'à la Région de Ferrare, était tel qu'il fit modifier complètement le jugement sur les perspectives de la Plaine du Pô. La guerre, et la crise complexe des premières années d'après guerre, paralysèrent les travaux de forage à tel point que le second forage de Caviaga fut terminé seulement en 1946.

En 1948 l'A.G.I.P. découvrit le champ de gaz de Ripalta, en 1949 celui de Cortemaggiore, lequel a donné aussi une production d'huile. Après la découverte de Cortemaggiore l'activité des recherches subit une impulsion exceptionnelle. Actuellement l'A.G.I.P. vient de compléter le levé géophysique de toute la Plaine du Pô avec une équipe gravimétrique et deux équipes sismiques propres, et 7 équipes sismiques sous contrat. Pour le forage, l'A.G.I.P. a actuellement 13 Rotary pour grandes profondeurs, parmi lesquelles une de 5.000 mètres, et 7 pour profondeurs moyennes; plus 10 autres appartenant à des sociétés privées travaillant sous contrat.

A la fin de 1950 un autre champ de gaz a été découvert à Cornigliano; de nouvelles structures viennent d'être explorées, pendant que d'autres, déjà complètement relevées, attendent l'essai de la sonde.

Dans cet exposé très court nous voulons rappeler aussi l'activité de la „Società Petrolifera Italiana (S.P.I.)”, qui dans la partie Est de la Plaine du Pô a découvert le champ de gaz de Montalbano, (9, 10) et de la „Società Idrocarburi Nazionali”, qui a découvert le champ de gaz de Consandolo (11).

Une activité limitée d'exploration sismique a été menée après la guerre par ces sociétés et d'autres

\* Voir la bibliographie à la fin du texte.

encore; la S.P.I. a aussi complété l'exploration gravimétrique de toute la Plaine du Pô, mais les résultats n'ont pas encore été rendus publics.

### Exposé sur la géologie des Apennins septentrionaux

Etant donné que les recherches dans la Plaine du Pô ont été une extension des recherches sur le versant du Pô des Apennins, nous présentons dans les pl. I et II, à titre d'orientation, un schéma géologique de cette partie des Apennins, et quelques colonnes stratigraphiques typiques des séries autochtones les plus intéressantes. Brièvement nous rappelons que l'allochtonie de la formation des „Argille Scagliose”, y compris la longue liste de roches éruptives et sédimentaires d'époques différentes, du Trias jusqu'à l'Oligocène, est désormais généralement admise. En général, cette formation paraît recouvrir des terrains plus récents en avançant de la Mer de Ligurie vers la Mer Adriatique; de sorte qu'on admet que le déplacement s'en soit produit à plusieurs reprises par des mécanismes caractéristiques (12). Dans les calcaires et dans le grès renfermés dans les „Argille Scagliose” on trouve les gisements qui jusqu'à ce moment ont donné la plus importante production de pétrole (Velleja, Montechino, Vallezza, Pietramala, etc.), et c'est pour cela que cette formation retient le plus l'intérêt dans la première période des recherches dans la Plaine du Pô.

La charpente de l'autochtone du Nord des Apennins est donnée par l'épaisse formation du „macigno” de l'Oligocène; qui s'appuie, sur le versant de la Toscane, aux terrains marnocalcaires („Scaglia”) de l'Eocène et du Crétacé et qui, sur le versant du Pô de l'Apennin de l'Emilie, est recouvert par les „Argille Scagliose” en gisement allochtone. Dans l'Apennin de la Romagne il est en contact tectonique avec la puissante formation du „macigno” du Mésomiocène, qui paraît s'effondrer à l'est et à l'ouest sous les „Argille Scagliose”.

Au bord de la Plaine de l'Emilie sur les „Argille Scagliose” on trouve une formation sédimentaire Néogéno-Quaternaire, qui est couverte dans la Plaine par des terrains d'alluvion.

Les terrains autochtones se présentent déformés en longs anticlinaux, qui passent en profondeur à des systèmes complexes de failles directionnelles. L'élévation graduelle et successive des rides orogéniques du versant Tyrrhénien vers le versant Adriatique aurait été accouplée à la dépression de larges fosses dans le versant externe qui se comblèrent rapidement par une sédimentation favorisée par le rajeunissement morphologique de la région en sou-

lèvement (cuvettes Oligocènes des hauts Apennins, cuvettes mésomiocènes de la Romagne, fosse supra-miocène des Marches) (12, 13).

Dans les Apennins de la Ligurie et du Piémont les terrains autochtones Tertiaires commencent avec l'Oligocène transgressif et arrivent avec quelque discordance jusqu'au Quaternaire.

Dans le Monferrato on a une série d'anticlinaux érodés, avec des „Argille Scagliose” dans le noyau, et avec un aspect différent de celui du reste de l'Apennin (14, cum Bibl.).

L'exploration de la Plaine du Pô, tout en démontrant la justesse de l'hypothèse de C. Porro, n'a pas encore complètement éclairci les rapports structuraux des „dorsales” ensevelies avec la tectonique de l'Apennins, ni permis de reconstruire exactement la paléogéographie du géosynclinal de l'Apennin, dont la fosse de la Plaine du Pô constitue une partie; quand ce sera possible, nous pourrions peut-être comprendre les indices d'hydrocarbures des „Argille Scagliose” et trouver alors des nouveaux thèmes de recherche.

### Stratigraphie de la Plaine du Pô

Dans la partie centrale de la Plaine du Pô et dans la Plaine de la Romagne aucun sondage jusqu'à présent n'est sorti du Miocène Moyen; même les plus profonds (Cortemaggiore 6, m. 3318 encore en percement — Montepelato 5, m. 2565 — Caviaga 6, m. 2514) n'ont pas dépassé l'Helvétien. Le Miocène Moyen (Helvétien et Tortonien), est représenté par une série de marnes argileuses avec des intercalations sableuses ou par des grès d'épaisseur variable; quelquefois on a des formations de conglomérats dans les parties les plus profondes. On y remarque une affinité avec le Vindobonien du Monferrato, le Sub-Apennin de Voghera et l'Apennin moyen de Bologne, mais on n'a pas encore rencontré le véritable facies „Schlier” qui existe dans le Sub-Apennin de l'Emilie.

L'épaisseur de cette série du Miocène moyen n'est pas encore connue; la sonde 6 de Cortemaggiore on a déjà traversé 1300 mètres sans en sortir.

Dans ces terrains de basse perméabilité pour des grès très cimentés, quelques venues d'eau salée et les carottes prélevées montrent qu'il existe aussi des intercalations à plus forte perméabilité.

A la base de l'Apennin de Parme, dans l'anticlinal découvert de Salsomaggiore, on trouve au-dessous de l'Helvétien environ 500 m. de marnes Burdigaliennes; encore au-dessous, une puissante formation de sable avec des intercalations de marne de bonne perméabilité dans l'ensemble, qui comprend l'Aqui-



tanien et une partie de l'Oligocène. On présume qu'au-dessous du Miocène moyen, au moins dans la plaine voisine, on peut trouver des formations correspondantes.

Au Vindobonien succède en haut le Miocène supérieur, qui a généralement un faciès saumâtre. Notons que l'on n'a pas trouvé dans la Plaine les lentilles de gypse qui sont très fréquentes dans la partie supérieure du Miocène des Apennins; normalement cette formation est constituée de sables et de grès avec intercalations d'argiles et de marnes, parfois des bancs de conglomérats avec des faunes non marines: Congeries et Ostracodes; souvent la partie inférieure est plus argileuse. L'épaisseur est très variable et augmente notablement sur les flancs des anticlinaux. Au sommet des anticlinaux, elle dépasse souvent les cent mètres (Cortemaggiore, Casalpusterlengo), mais elle se réduit parfois aussi à zéro, soit par manque de dépôt dans les anticlinaux émergés du Miocène supérieur (San Colombano), soit par érosion des anticlinaux émergés du Pliocène (Fontevivo). On a trouvé dans la Plaine du Pô le Miocène supérieur à faciès marin (Caviaga, Ripalta) avec un caractère lithologique semblable, mais avec des fossiles de mer peu profonde. Au sommet des anticlinaux, la puissance atteint 200 m.

La porosité et la perméabilité des formations sableuses dans les deux faciès est très élevée dans les gisements en production.

Le passage du Miocène moyen au Miocène supérieur n'est pas signalé par des discordances sensibles et normalement n'est pas appréciable sur les profils sismiques.

Dans la Plaine orientale du Pô il faut distinguer comme différences stratigraphiques et structurales: la Dorsale de Ferrara, la région au Sud de celle-ci (Plaine de Romagne) et la région au Nord.

La Plaine Romagnole est géologiquement le prolongement oriental de la plaine centrale, mais elle est stratigraphiquement moins connue, parce que les sondages faits jusqu'à ce moment (S.P.I., S.I.N. etc.) ont été peu profonds et limités au secteur septentrional (nous ne savons pas s'il en est qui soient arrivées au Miocène moyen). Le Miocène supérieur a ici aussi un faciès saumâtre mais est principalement argileux et à perméabilité réduite, particulièrement dans le secteur le plus septentrional.

Nous n'avons pas d'indications directes sur la puissance des formations du Miocène, dont les levés sismiques jusqu'à présent effectués, montrent qu'elle n'est pas inférieure à celle de la Plaine centrale du Pô. Quelques profils sismiques prolongés entre quelques vallées des Apennins raccordent la partie profonde des anticlinaux avec le Miocène Moyen et Su-

périeur, qui affleure au pied de l'Apennin de Romagne. Si on admet que la plaine de Romagne et le proche Apennin ont fait partie d'une même fosse de sédimentation synorogénique, on présume alors que le Miocène moyen a ici la même faciès que l'Apennin de Romagne. La perméabilité pourrait être basse dans l'ensemble à cause de l'argile mélangée au sable et l'indice de porosité devrait augmenter vers le bas de la formation comme sur l'Apennin.

La Dorsale de Ferrara est un ancien relief déjà étanché avant la tectogénèse du Miocène supérieur, de direction Est-Ouest, divergente des directrices des Apennins. Découverte il y a longtemps par l'équipe gravimétrique de l'A.G.I.P., les caractéristiques structurales n'en sont pas encore connues. La sismique à réflexion n'a donné aucun résultat. (Voir pl. V, fig. 7). Le levé tellurique n'a donné d'indications que sur le substratum calcaire.

Les sondages profonds exécutés antérieurement par l'A.G.I.P. ont trouvé des conditions stratigraphiques très particulières (15).

Le puits de Vicenza Nuova (près de Ferrara), exécuté au sommet de l'anomalie gravimétrique, a rencontré à 1350 mètres une marne calcaire rosée et une marne calcaire grise du Crétacé supérieur et de l'Eocène, qui correspondent à la „Scaglia” des Préalpes Vénétiennes et de l'Apennin central.

Au-dessus on trouve des marnes vertes de l'Oligocène, d'épaisseur assez réduite, semblables à celles de l'Oligocène autochtone du Monferrato et de Voghera, puis on a un très faible gravier avec des macroforaminifères de l'Aquitainien; à celui-ci succède une argile marneuse du Burdigalien, un sable et des grès avec intercalations marneuses sûrement du Miocène, probablement Helvétien. Cette dernière est recouverte directement de Quaternaire transgressif. Les sondages exécutés à l'extrémité occidentale de la Dorsale de Ferrara se sont arrêtés à l'Helvétion (Novi 2, m. 1948), qui y est formé d'une alternance de marnes et de grès d'une épaisseur d'au moins 600 m. Le Tortonien est principalement marneux, avec une épaisseur de 50 m. La partie supérieure du Miocène, à faciès saumâtre, a une épaisseur d'au moins 350 m. Au-dessus on a le Pliocène inférieur et moyen, argileux et sableux, en discordance, d'une épaisseur d'au moins 400 m., recouvert en transgression par le Quaternaire marin.

La région au Nord de la Dorsale de Ferrara ne paraît pas encore avoir été forée au-dessous du Pliocène. Les formations tertiaires devraient être plus rapprochées de celles de la Dorsale que de celles de la plaine de Romagne. De même on ne connaît que peu la stratigraphie des plaines Piémontaise et Vénitienne, peu forées, quelquefois pas du tout, mais

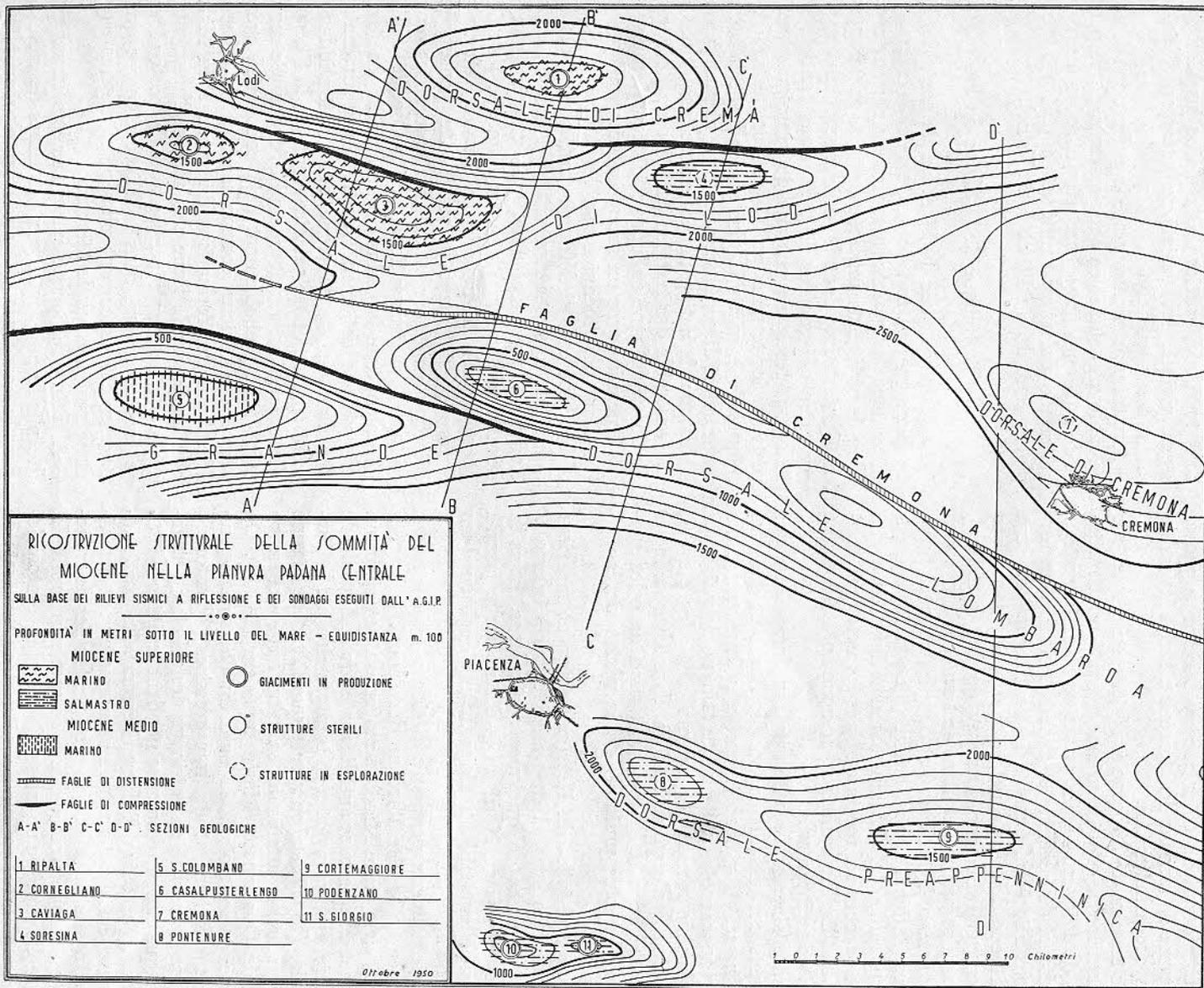


PLANCHE III

des considérations théoriques y laissent supposer l'existence de terrains du Miocène à faciès favorable aux hydrocarbures (16).

Les terrains du Miocène supérieur, ou moyen, sur la charnière de chaque anticlinal érodé, sont recouverts de Pliocène en discordance. Dans le secteur méridional de la plaine et dans le Polésine, les formations Pliocènes, quand elles sont complètes, sont constituées, dans les couches inférieures, de marnes argileuses (Tabianano) épaissies de 100 à 150 m., et d'argiles marneuses dans les couches moyennes (Piacenziano, 100 à 50 m.) et dans les couches supérieures (Astiano, 100 m. environ). Le faciès exclusivement sableux de l'Astiano, trouvé dans l'Apennin, n'a pas encore été rencontré dans les sondages. Souvent le Pliocène supérieur manque, plus rarement le Pliocène inférieur.

Ces épaisseurs se réfèrent aux formations des sommets des anticlinaux: sur les flancs et dans les synclinaux, où probablement la sédimentation du Miocène au moins a été ininterrompue, la puissance du Pliocène atteint des valeurs bien plus élevées, dépassant par exemple 1500 m. dans les synclinaux entre Crémone et Plaisance, et aussi dans les synclinaux les plus profonds de la plaine de la Romagne.

Dans les argiles du Pliocène moyen et supérieur on rencontre souvent de petites et rares intercalations sableuses de quelques centimètres. Dans la partie la plus au Nord de la Plaine forée jusqu'à présent elles sont lenticulaires, d'une épaisseur bien plus notable (m. 20 à Ripalta). Cette richesse en matériel sableux peut être attribuée à la moindre distance de la côte Pliocène des Alpes. Les argiles du Pliocène ou le Miocène moyen ou supérieur, au sommet de quelques anticlinaux et de la Dorsale de Ferrare, sont recouvertes en transgression par le Quaternaire (18, 19) et l'on assure que l'avancée marine fut graduelle, atteignant sa plus large expansion dans le Quaternaire Marin supérieur (14, 17). On trouve quelquefois, à la base du Quaternaire, un mince conglomérat de transgression („Crostone"), qui paraît localisé au voisinage des reliefs ou structures qui étaient émergées pendant le Pliocène supérieur (Fontevivo, Bellena, Ferrara). La partie inférieure du Quaternaire est normalement constituée d'argile (50 à 300 m.) avec des fossiles de caractère océanique froid modéré de mer peu profonde, à laquelle succède un ensemble de sable à intercalations argileuses, parfois de minces conglomérats de petits éléments, avec fossiles de mer littorale ou basse. L'épaisseur peut atteindre 1000 m. (Caviaga). Dans l'ensemble, cette formation du Quaternaire marin a des caractères lithologiques assez uniformes

dans toutes les parties de la plaine jusqu'ici explorées, quoique les variations latérales d'épaisseur soient assez sensibles.

Aux terrains marins succède enfin une formation de sable argileux et de conglomérats, de disposition et de puissance irrégulière, d'origine lagunaire, saumâtre, de delta ou continentale (250 m. dans la plaine centrale du Pô et le Polésine).

### Tectonique de la Plaine du Pô

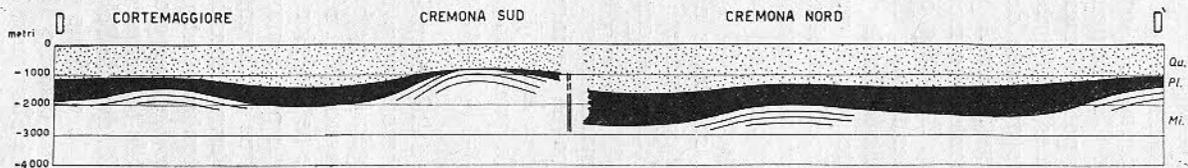
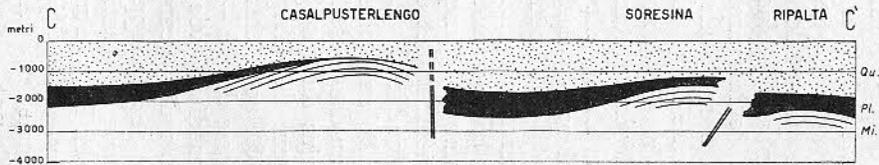
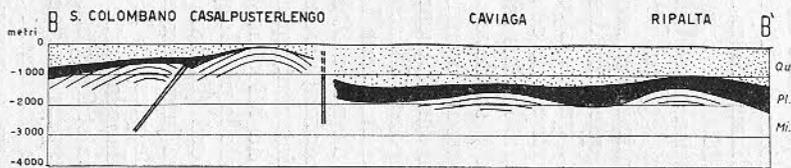
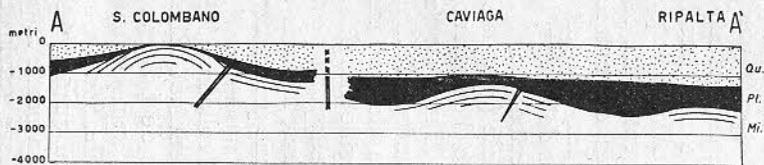
La Plaine centrale du Pô et les plaines d'Emilie et de Romagne, au sud de la Dorsale de Ferrare, représentent une grande fosse remplie par une énorme série de sédiments arénacés-argileux du Néogène et du Quaternaire, dont la puissance totale jusqu'ici constatée dépasse les 3400 m. dans l'anticlinal de Piacenza. Nous n'avons pas de renseignements directs sur les terrains pré-Helvétiques; les profils sismiques de la partie la plus profonde de la fosse ne montrent ni discordance angulaire, ni variations sensibles pour la nature des réflexions jusqu'à 5.000 m.

L'ensemble des terrains du Miocène de la plaine du Pô est déformé en longs plis alignés en direction des Apennins avec un axe altimétriquement ondulé. En allant des Apennins vers les Alpes les plis sont d'abord soulevés et déformés; plus plats après, quelquefois en terrasses structurales (Pandino), enfin on trouve un large monoclinal, qui arrive jusqu'au pied des Alpes. Dans la Plaine de Romagne les plis existent jusqu'à la Dorsale de Ferrare, où ils sont encore sensiblement déformés. On pense que le Miocène supérieur a vu s'accroître la pression tectogénique tangentielle, qui se serait déployée librement dans la plaine centrale du Pô, en s'amoindrissant graduellement vers le Nord. Au contraire, dans la plaine de Romagne, elle aurait plié les sédiments contre la base calcaire rigide de la Dorsale de Ferrare, qui en aurait amoindri l'action. Ce soulèvement était probablement déjà commencé avant le Miocène supérieur, comme semblent le démontrer l'épaisseur des formations du sommet du Miocène non marin sur le flanc des plis, et l'augmentation graduelle de leur courbure avec la profondeur; et se continuer aussi dans le Pliocène, parce que les couches Pliocènes sont plissées en légères ondulations modelées sur le Miocène.

A la fin du Miocène émerge seulement une partie des plis formés; entre eux, les zones de crête de la dorsale Lombarde et les plis les plus méridionaux.

La nature des sédiments du Miocène supérieur, d'origine non saumâtre ou de mer peu profonde, laisse supposer que la fosse fut comblée à la fin du Miocène. L'ingression marine du Pliocène porte

Qu. = Quaternario  
 Pl. = Pliocene  
 Mi. = Miocene



SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI NELLA PIANURA PADANA CENTRALE

Ottobre 1950

presque exclusivement des sédiments argileux; on pense que les Apennins, qui pendant le Miocène supérieur étaient arrivés à une haute maturité morphologique, ont donné à la fosse de la Plaine des sédiments très fins, qui se sont déposés avec discordance angulaire sur les anticlinaux miocéniques qui s'immergeaient lentement (voir Pl. V).

Cette transgression respecta le sommet de quelques structures restant émergées (S. Colombano, Fontevivo, le secteur oriental le plus élevé de la Dorsale de Ferrare, etc.). C'est seulement la transgression Quaternaire qui porte la mer sur toute la région du Pô. Les couches de Quaternaire marin sont presque horizontales ou avec de très légères ondulations. Contre l'Apennin, les Alpes et la Dorsale de Ferrare elles remontent en monoclinale quelquefois à forte pente (Voir Pl. V, fig. 5 et 7).

Les fortes épaisseurs des terrains du Quaternaire marin, constitués par des sédiments de mer basse, démontrent que dans cette période on a eu une reprise du mouvement d'effondrement simultanément à la reprise de l'orogénèse des Apennins; il semble que dans la partie centrale de la plaine du Pô au moins, où le niveau actuel est de 60 à 70 m. au-dessus de la mer, et où les sédiments non marins du Quaternaire supérieur atteignent une épaisseur de 250 m., le mouvement d'effondrement avait été actif aussi en des temps très récents. Dans la fosse de la Plaine l'affaissement maximum sur l'axe médian semble avoir été accompagné de mouvements différentiels du substratum; et à un ajustement de ce genre on peut attribuer la grande faille normale de Crémone, déjà ouverte dans le Pliocène (voir Pl. III, et Pl. V, fig. 1).

La Dorsale de Ferrare a été interprétée comme le bord meridional d'un morceau enseveli de l'avant-pays (R. Signorini, C. Migliorini), probablement soulevé par des failles par rapport à la région nord.

La tectonique profonde de la région au Nord de la Dorsale de Ferrare est très peu connue; l'hypothèse que la pression tectogénique des Apennins ait été arrêtée par la Dorsale de Ferrare nous laisse en doute sur l'existence d'une tectonique tertiaire à plis très accentués dans ce bassin. Le levé gravimétrique et quelques profils exploratifs telluriques et sismiques déjà exécutés par l'A.G.I.P. dans le Polésine occidental indiquent une remontée générale en monoclinale vers le Nord du substratum calcaire Mésozoïque.

Des motifs structuraux à plis pourraient se trouver dans le secteur de la plaine du Pô compris entre Alexandrie et l'Apennin de Voghera, comme prolongement enseveli des anticlinaux de Monferrato. L'exploration sismique est un cours.

Les structures ensevelies de la plaine du Pô se

présentent, à l'exception de la Dorsale de Ferrare, comme un ensemble de plis du Miocène, parallèles aux directrices des Apennins, séparés par de profonds synclinaux; leurs fermetures sont souvent au-dessus de 1000 m. Sur l'axe de ces Dorsales on a des ondulations plus petites, quelquefois parallèles, quelquefois légèrement divergentes. La fermeture des ces anticlinaux secondaires est naturellement plus petite que celle des Dorsales, mais est souvent supérieure à quelques centaines de mètres; la pl. III offre un exemple de ce style tectonique.

La Dorsale la plus méridionale („Dorsale di Salsomaggiore“) se développe de Podenzano, où le sommet se trouve à environ -500 m., jusqu'au Taro; elle pénètre dans l'Apennin et arrive à l'affleurement dans l'anticlinal Mésomiocène de Salsomaggiore, pour disparaître sous les „Argille Scagliose“. Elle est longue d'environ 50 Km. et supporte quatre sommets secondaires; de ces derniers, les trois explorés jusqu'à maintenant ont donné une production de gaz et d'huile du Miocène.

La Dorsale la plus longue est celle immédiatement plus au Nord (Dorsale Préapennine). Elle s'étend de Piacenza jusqu'aux environs de Bologna sur une longueur de presque 130 Km., appuyée au pied de l'Apennin dans la partie orientale. Son axe se trouve entre Parma et Reggio à -200 m. au moins et descend à -1500 m. près de Piacenza. La partie la plus relevée est vue clairement sur le levé gravimétrique et comprend un morceau de celle que M. Gortani appelle „Reliefs Préapennins“ (4). Au moins cinq anticlinaux secondaires se développent sur elle: deux d'entre eux, Fontevivo et Cortemaggiore, se sont déjà montrés productifs de gaz et d'huile.

Au Nord de la Dorsale Préapennine, dans la plaine de Lombardie, il y a la Grande Dorsale Lombarde, connue jusqu'à maintenant sur une longueur de 60 Km., se soulevant jusqu'à l'affleurement dans l'anticlinal Mésomiocène de S. Colombano. On y connaît trois sommets; les deux d'entre eux qui ont été explorés jusqu'ici (S. Colombano, Casalpusterlengo) ont donné seulement des faibles indices d'hydrocarbures dans le Miocène.

Les deux Dorsales plus au Nord (Dorsale di Lodi, Dorsale di Crema), connues jusqu'en ce moment sur 50 Km. de longueur, sont beaucoup plus profondes; leurs sommets se trouvent respectivement à environ -1300 m. et -1400 m. Sur la Dorsale de Lodi on trouve les anticlinaux à gaz de Caviaga et Cornegliano, sur celle de Crema l'anticlinal, à gaz aussi, de Ripalta. Il semble que ces dorsales soient séparées de la Grande Dorsale Lombarde par une grande faille de distension avec un grand rejet, ou par système de failles (faille de Crémone); ce qui a confirmé

# ESEMPI DI PROFILI SISMICI TRASVERSALI SULLE DORSALI SEPOLTE PADANE

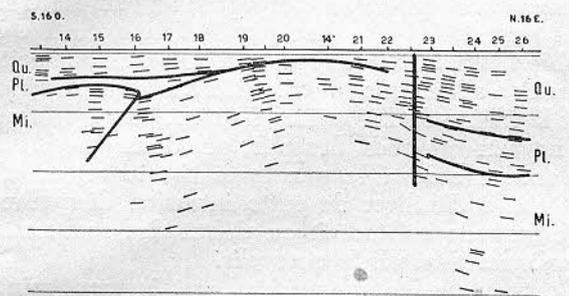


Fig. 1 GRANDE DORSALE LOMBARDA

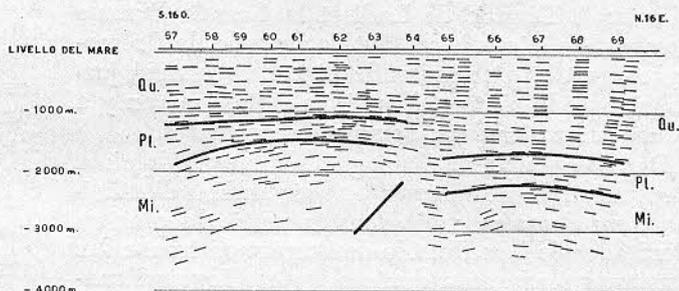


Fig. 2 RAPPORTI TRA LA DORSALE DI LODI E LA DORSALE DI CREMA

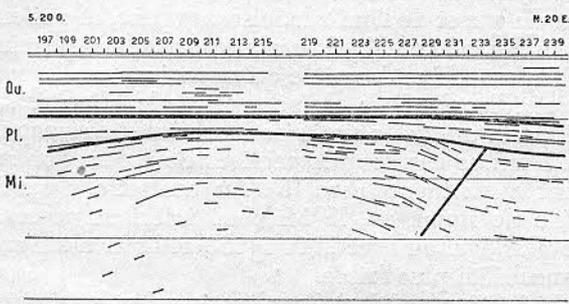


Fig. 3 STRUTTURA DI BAGNOLO

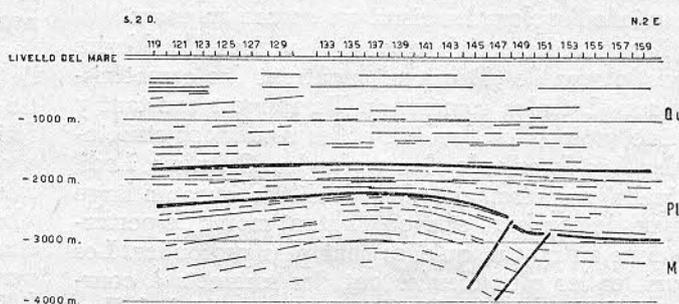


Fig. 4 DORSALE DI CREMA

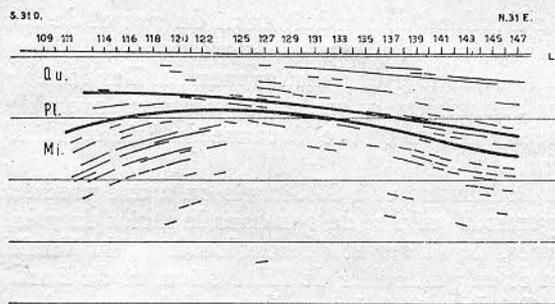


Fig. 5 DORSALE PREAPPENNINICA TRA PARMA E REGGIO

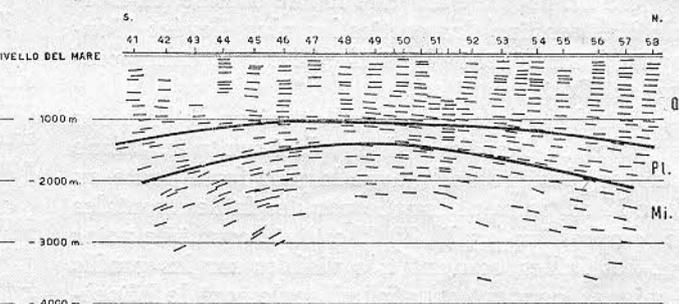


Fig. 6 DORSALE PREAPPENNINICA A CORTEMAGGIORE

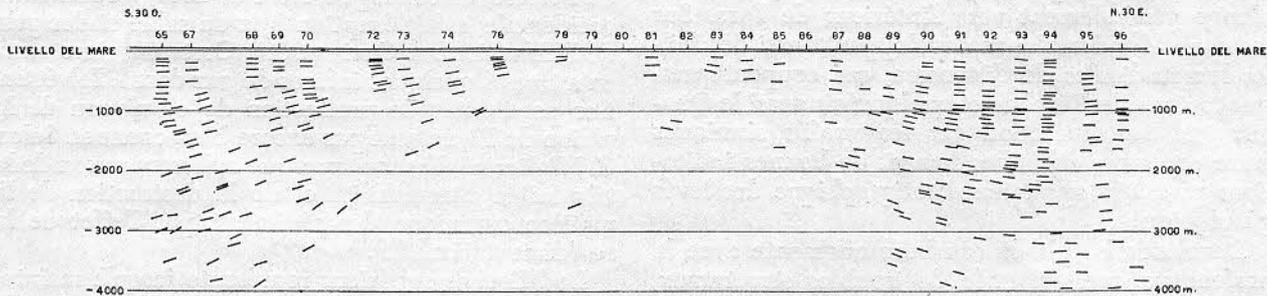


Fig. 7 DORSALE FERRARESE PRESSO NOVI

Qu. - QUATERNARIO    Pl. - PLIOCENE    Mi. - MIOCENE



Off. An. 1950

aussi l'irrégularité des réflexions sismiques pour une étroite bande de sa longueur (C. Contini, dans un rapport inédit).

Entre la Dorsale de Lodi et la Grande Dorsale Lombarde s'intercale, à l'Est, la Dorsale de Crémone; elle est la plus profonde de celles connues jusqu'ici, avec le sommet à environ - 2000 m.; on y a trouvé au moins deux sommets secondaires.

Dans la plaine de Romagne semble prédominer un système de plissements à relais au lieu d'anticlinaux sur dorsales, mais dans la partie la plus au Nord adossée à la Dorsale de Ferrare on trouve des structures sans aucun doute alignées (Poggio Renatico - Portomaggiore; Malalbergo - Consandolo). On n'aura d'indications plus précises que quand sera terminée l'exploration sismique encore en cours.

Les grandes unités que nous venons de décrire sous le nom de „Dorsales” montrent des caractéristiques générales communes. Un rapport constant y existe entre la profondeur et les conditions structurales. Les dorsales le plus profondes (Crémone, Lodi, Ripalta) se présentent plus régulières, avec un large rayon de courbure et avec d'autant moins de perturbations au noyau, qu'elles sont plus profondes. Les dorsales les plus élevées ont des sommets à courbure plus marquée, et elles sont souvent à failles, avec noyau très fracturé (Salsomaggiore, Grande Dorsale Lombarde). Sur une même dorsale (ex Dorsale Préapennine) les parties les plus élevées (Fontevivo, Parma) sont plus déformées que celles profondes (Cortemaggiore).

La tendance générale vers l'extérieur de l'arc des Apennins se manifeste dans plusieurs plis, même dans les plus profonds, avec la plus forte pente au flanc Nord, souvent coupée par des failles frontales de compression (ex. Pl. V). Il est intéressant de noter que ces failles, souvent très visibles sur les profils sismiques, coupent en général seulement le Miocène, s'arrêtant à la base des terrains de couverture. Enfin, dans les plis asymétriques, le plan axial plonge généralement vers l'intérieur de l'arc. Sur les flancs des dorsales se développent aussi des failles longitudinales de distension, qui coupent presque toujours le Pliocène et quelquefois aussi le Quaternaire. La distinction sur les profils sismiques entre ces types de failles fournit de bonnes indications pour l'interprétation stratigraphique des levés géophysiques.

Dans tous les plis la courbure augmente avec la profondeur, accompagnée de troubles structuraux, qui en rendent souvent incomplète et difficile la reconstruction tectonique détaillée (8).

### Zones minéralisées de la Plaine du Pô

Les „Argille Scagliose” et les roches éruptives et sédimentaires qui les accompagnent n'ont pas d'intérêt pour les recherches dans la Plaine du Pô. Il semble au contraire que l'on peut admettre que cette formation allochtone se soit arrêtée à la limite séparant la Plaine de l'Apennin; d'autant plus que dans les noyaux profonds des plis, au moins jusqu'à la profondeur accessible aux levés sismiques, on n'a pas trouvé d'indices de cette intrusion diapirique avec laquelle on tentait au début des recherches d'expliquer des reliefs ensevelis.

L'autochtone le plus profond certainement minéralisé est une partie de l'Oligocène et, avant tout, le Miocène inférieur. Ce sont les niveaux qui donnent du gaz et de l'huile à Salsomaggiore, et qui ont donné des indices d'hydrocarbures dans les Apennins de Voghera. Il est possible qu'au moins dans la partie méridionale de la plaine centrale le Miocène inférieur ait un faciès similaire à celui de Salsomaggiore. Dans ce cas, les perspectives de production seraient assez favorables (16). Au contraire, dans la plaine de Romagne, le Miocène inférieur pourrait être plus égal au type „Macigno”, et avoir alors une perméabilité plus faible.

L'A.G.I.P. procède à l'exploration de ces niveaux avec un sondage profond à Cortemaggiore.

Le Burdigalien produit aussi du gaz et de l'huile sur la dorsale de Salsomaggiore par de faibles intercalations de grès dans les marnes. Les faciès que nous connaissons y sont toutefois peu favorables à une production élevée, à cause du faible indice de porosité.

A Podenzano et à S. Giorgio on a une production moyenne d'huile et de gaz dans le faciès de grès, de marnes, de sables et de conglomérats du Vindobonien et en particulier de l'Helvétien, et du Burdigalien. Ici de petits niveaux de gaz à la profondeur de 950 m. ont une pression de 150 atm.. Sur la dorsale de Ferrare, un sondage à Novi en 1935, à l'extrémité occidentale, a fait éruption (gaz du sable et des grès de l'Helvétien). A Caviaga et à Cortemaggiore aussi on a trouvé quelques indices de gaz dans l'Helvétien. Les possibilités de production de ce niveau de la plaine du Pô ne sont pas encore bien connues. Selon C. Migliorini elles sont presque nulles en raison de la très faible perméabilité et de la destruction de la matière organique des sédiments par l'effet de la resédimentation (20).

Le Miocène supérieur représente jusqu'à maintenant le niveau le plus riche („Couches de Caviaga”); la production en est principalement gazeuse (Cavi-

aga-Ripalta-Cornegliano) avec d'abondantes quantités d'huile légère à Cortemaggiore. On peut estimer le gaz exploitable dans ces 4 gisements à au moins 30 milliards de m<sup>3</sup>. La pression des couches est légèrement supérieure à la pression hydrostatique et augmente avec la profondeur.

Ces 4 gisements sont localisés dans la partie centrale de la plaine du Pô; mais dans d'autres structures aussi le Miocène supérieur a été trouvé minéralisé avec une faible production (Podenzano, S. Giorgio, Fontevivo), quelquefois avec de très faibles indices (Casalpusterlengo, S. Pancrazio, etc.); les possibilités de production dépendent des conditions dont nous allons discuter. C'était une théorie très répandue, celle que les hydrocarbures du Miocène supérieur dérivent par migration verticale soit du Miocène inférieur, ou de terrains plus profonds, soit du Mesozoicum autochtone, soit encore des „Argille Scagliose”. Nous croyons pouvoir écarter cette dernière hypothèse d'autant plus que les „Argille Scagliose” n'ont pas encore été trouvées dans le substratum de la Plaine du Pô; mais la thèse de la migration de l'Aquitainien nous semble maintenant peu soutenable, elle aussi.

Quelques indices font croire plutôt à un processus naptogénique dans le Miocène supérieur même. Sans pouvoir trop approfondir, nous faisons seulement allusion au faciès favorable à la formation naptogénique, à la localisation des hydrocarbures que l'on trouve seulement dans le Miocène supérieur tandis qu'ils manquent dans les sables du Tortorien, à la rapidité de la dispersion qui devrait signifier l'épuisement de la migration avant le dépôt des argiles du Quaternaire marin, et que l'on pourrait évidemment expliquer mieux par un drainage des flancs.

Aussi Mr. C. Migliorini est récemment arrivé à la même conclusion, mais par d'autres voies (20).

Le Pliocène, qui est généralement argileux, a du gaz dans de petites et rares couches de sable intercalées le plus souvent dans les argiles; le gaz est soumis à une haute pression, mais se présente en très faibles quantités, excepté à Ripalta où les intercalations sableuses très fortes („Couches de Ripalta”) promettent une bonne production. Dans cette structure aussi, la partie inférieure du Pliocène a des intercalations sableuses, qui cependant se confondent pratiquement avec les sables du Miocène supérieur. On peut prévoir que les autres structures au Nord peuvent présenter des conditions semblables.

Le Quaternaire, marin et continental, montre partout de légers indices de gaz sans traces d'huile; se n'est qu'à Fontevivo que le conglomérat de base du

Calabrien a donné aussi de l'huile, mais on pense que cette huile a émigré du Miocène érodé, sur lequel le Quaternaire s'appuie directement par transgression.

Dans le secteur oriental de la plaine du Pô le gaz se trouve accumulé en quantité assez considérable pour que l'on puisse l'exploiter dans tous les éléments poreux de Quaternaire. Depuis 1937, de nombreuses petites sociétés y ont développé une activité considérable de recherche en y forant plus de 1500 puits et en y réalisant une production journalière totale supérieure à 1/2 million de m<sup>3</sup>; il s'agit naturellement de puits peu profonds (seulement quelques sondages au-dessous de 1000 m.) avec une production unitaire très faible. Normalement le gaz est accompagné d'une grande quantité d'eau salée dont l'écoulement est très difficile.

Dans le Polésine les zones les plus riches se trouvent dans le Quaternaire moyen, où l'on a distingué 5 niveaux producteurs principaux séparés verticalement par des intercalations argileuses (17). Le gaz est du méthane, quelquefois avec de petites traces d'hydrocarbures supérieurs.

L'opinion selon laquelle le gaz provient de tourbe intercalée entre dépôts lagunaires a été abandonnée. On croit plutôt que les couches poreuses Quaternaires se sont enrichies par migration verticale à travers des failles des structures profondes; ce qui encourage la recherche et l'exploration de ces structures présumées. Nous tenons pour peu probable l'hypothèse d'une migration de gaz à travers les failles fermées des argiles du Pliocène et du Quaternaire inférieur; en tout cas, s'il en est ainsi, les perspectives des structures ensevelies, qui pourraient être dégradées, seraient peu favorables. Au contraire on peut croire à l'origine „in situ” du gaz, ou à un phénomène de migration latérale de la Dorsale de Ferrare contre laquelle des couches sableuses du Quaternaire s'appuient en contact direct. Les limites géographiques de la zone à gaz ne semblent pas contredire cette hypothèse.

#### Conditions d'accumulation dans la Plaine du Pô

Les plus importants gisements de la Plaine du Pô, c'est à dire ceux dont la production provient du Miocène supérieur, se trouvent au sommet des ondulations secondaires des grandes dorsales à forme de brachianticlinale et l'accumulation est réglée exclusivement par le facteur structural; à Caviaga le plan de séparation eau-gaz est parfaitement horizontal. A Cortemaggiore, où les couches sableuses sont plutôt irrégulières et quelquefois lenticulaires, il y a des intercalations irrégulières d'eau salée dans les

couches productives; mais l'huile est localisée dans le niveau inférieur.

Éléments indispensables de la richesse de ces gisements sont la présence et l'intégrité des argiles pliocènes de couverture et l'absence d'érosion sur le noyau avant la transgression du Pliocène. Les structures dans lesquelles le Miocène supérieur a aussi un faciès favorable, et qui ont été érodées ou recouvertes directement par les argiles quaternaires, n'ont donné aucune production (Casalpusterlengo), ou une production très faible (Fontevivo). Cela fait croire que la dispersion des hydrocarbures a été très rapide et que la migration s'est pratiquement terminée dans un temps très bref; cela nous démontre aussi l'exactitude de l'hypothèse du drainage par les flancs des synclinaux.

Il est d'habitude possible de reconnaître par les profils sismiques la présence ou l'absence des argiles Pliocènes. Comme exemple, nous citons au moins la reconnaissance de deux discordances, une inférieure plus forte entre le Miocène et le Pliocène, une supérieure plus faible entre le Pliocène et le Quaternaire (voir Pl. V). Souvent il est possible aussi de s'assurer, par le moyen des profils sismiques de l'intégrité des crêtes des plis ou de leur décapitation par érosion (voir Pl. V, fig. 3-5 et 4-6).

Les possibilités d'une interprétation approfondie des levés sismiques permettent évidemment une classification des structures à forer pour la recherche du Miocène supérieur, mais, pour le succès, il faut aussi qu'il existe des couches poreuses, ce que les variations de faciès des terrains du Miocène supérieur ne permettent ni de prévoir ni de localiser avant le forage.

Dans le Miocène moyen et inférieur, qui donnent une production à la charnière des anticlinaux de la dorsale de Salsomaggiore, les conditions d'accumulation sont probablement plus complexes. Les recherches actuelles se concentrent plutôt sur le noyau des anticlinaux plus réguliers, mais on peut prévoir dans ce noyau des complications tectoniques, qui pourraient avoir troublé la répartition des fluides.

Un autre type important d'accumulation semble théoriquement possible par la présence de „pinched out” ou „stratigraphical traps” surtout au bord Alpin du bassin du Pô, où les variations verticales de faciès des terrains tertiaires, avec alternance de formations perméables et de couverture, pourraient avoir permis l'accumulation d'hydrocarbures drainés du très ample monoclinale (16, 21). Quelques levés sismiques exécutés auprès du bord Alpin semblent confirmer ces prémisses théoriques. Le thème des recherches dans les „stratigraphical traps” n'est pas neuf; il a déjà été affronté par l'A.G.I.P. en 1942, aux

bords de l'Apennin, avec un sondage (Felegara). Il semble que le bord des Alpes, où la surface de drainage est énormément plus étendue, donnera des conditions meilleures.

On ne peut pas prévoir d'autres conditions d'accumulation dans la plaine du Pô, ni dans la dorsale de Ferrare. On présume qu'il y a là prédominance des types de „pinched out” ou des „traps” formés par des failles.

### Perspectives de production dans la Plaine du Pô

Il nous semble opportun de rappeler maintenant que le succès du Wildcat de Caviaga n'a pas seulement renouvelé l'intérêt pour la Plaine du Pô, mais a aussi redonné valeur à cette large bande qui se présente du Montefeltro à la Mer Ionienne sur le versant Adriatique comme la suite géologique de la fosse du Pô. Dans la partie centrale, ou fosse des Marches, on a les terrains que l'on appelle „Mollasse”, du Miocène supérieur, d'épaisseur supérieure à 2000 m., pliés en anticlinaux recouverts en discordance par les argiles du Pliocène et les argiles et sables du Quaternaire. En affleurant, cette „Mollasse” présente partout des indices de gaz et parfois aussi d'huile en couches à bonne perméabilité. Nous avons alors les meilleures prémisses pour une recherche dans des conditions semblables à celles de la Plaine du Pô.

Dans la partie méridionale, ou fosse Bradanique, (entre les Apennins et les Murge) le problème semble plus complexe mais également favorable (22).

La recherche fut déjà tentée par l'A.G.I.P. dans ces deux fosses avec des sondages profonds (Fontespina, Genzano di Lucania); après les résultats de Caviaga une étude plus minutieuse en a conseillé immédiatement la reprise (L. Lucchetti, rapports inédits). L'A.G.I.P. a maintenant une équipe sismique à réflexion de la Compagnie Générale Géophysique dans la fosse des Marches et une équipe tellurique de la même société dans la fosse „Bradonica” ou le substratum calcaire permet un très bon emploi de cette méthode géoélectrique.

Après les succès obtenus dans la Plaine du Pô, la recherche dans le Miocène supérieur est très simplifiée car nous connaissons déjà les conditions d'accumulation et les possibilités d'interprétation des levés sismiques; reste naturellement en cause l'inconnue des variations des faciès. Mais nous n'avons pas de raisons de croire que dans les structures encore inexplorées ils soient toujours négatifs.

Les possibilités de production du Pliocène sont sûrement petites et ne demandent pas de recherches particulières parce que la courbure des couches

Pliocènes est régulière au-dessus du Miocène.

Beaucoup plus complexe est la recherche dans le Miocène inférieur et aussi dans le moyen, à cause des conditions structurales complexes des noyaux profonds et de l'incertitude quant à la perméabilité. Evidemment un résultat positif pourrait amplifier les perspectives de la plaine surtout en ce qui concerne le pétrole, en valorisant des structures où les terrains du Miocène supérieur sont stériles, mais où les marnes Burdigaliennes pourraient être une couverture suffisante pour le Miocène inférieur. Il faut noter que l'exploration du Miocène inférieur a déjà été tentée dans le passé (4) (Montepelato, Fontevivo, Podenzano) sans succès. Maintenant, une révision a démontré que la situation de ces sondages, déterminée seulement par le premier levé gravimétrique, ne pouvait pas donner de résultats différents: Fontevivo s'est trouvé sur le flanc d'un pli; Montepelato a rencontré des couches Mésomiocènes presque verticales. L'appareillage alors à disposition ne permettait pas de faire davantage, mais maintenant ces structures peuvent être examinées et éventuellement explorées dans de meilleures conditions.

La recherche des „stratigraphical traps” est intéressante dans le grand monoclinale Nord, mais encore plus incertaine, car nos espérances sont fondées exclusivement sur le fait que les explorations sismiques ont confirmé nos vues théoriques.

Enfin la Dorsale de Ferrare nous semble offrir des possibilités de production; l'éruption de gaz à Novi, qui en 1935 fut négligée, a démontré l'existence de niveaux minéralisés.

Au contraire, il semble qu'il n'y ait pas de grosse

production à espérer des couches minéralisées du Quaternaire.

Le géologue du pétrole pourra évidemment imaginer d'autres thèmes, à la suite des renseignements futurs dont quelques-uns commencent déjà à être entrevus.

En conclusion on peut résumer ainsi les thèmes exposés sur lesquels se base la recherche actuelle: gisements du type Caviaga, principalement à gaz ou quelquefois avec des huiles légères (Cortemaggiore) dans les couches perméables du Miocène supérieur sur les sommets non érodés des plis protégés par les argiles Pliocènes, et dans les intercalations sableuses de ces argiles;

gisements présûmes pétrolifères dans les grès et sables du Miocène inférieur dans le noyau profond des anticlinaux Miocènes au-dessous de la couverture de marne Burdigalienne, et dans d'éventuelles intercalations de grès dans les marnes de l'Helvétien;

gisements dans des terrains perméables du Tertiaire en „stratigraphical traps”, surtout près du bord Alpin;

gisements dans le Néogène de la Dorsale de Ferrare.

Il n'est pas exclu que sur le versant des Apennins de la Plaine du Pô, où la recherche a été abandonnée depuis une dizaine d'années après les sondages profonds de Salsomaggiore (S.P.I.; 1938, m. 2000) et de Montechino (A.G.I.P. 1932, m. 1938), on ne puisse trouver des motifs d'intérêt, précisés par les nouveaux résultats obtenus dans la plaine du Pô.

Manuscrit reçu le 16 janvier, 1951.

## Bibliographie

- (1) Porro C., „In tema di ricerche di petrolio in Italia”, La Miniera Italiana, vol. V (1921), 137.
- (2) Belluigi, A., „Contributi della Geofisica agli studi geopetroliiferi dell'Azienda Generale Italiana Petroli (A.G.I.P.)”, Communication to the 1st International Oil Congress, Vol. I, London 1933, 189.
- (3) Soler, E., „Prospezione geofisica”, in Fabiani, R., e Soler, E., „Prospezione geologica e geofisica del petrolio in Italia”, parte II, R. Acc. Naz. Lincei, Relaz. per la seduta d. 9 maggio 1937, Roma 1937, 20.
- (4) Gortani, M., „Problèmes posés par la recherche du pétrole en Italie”, Ilme Congr. Mond. du Pétrole, vol. I, Paris 1937, 55.
- (5) Fabiani, R., „Prospezione geologica”, in Fabiani, R., e Soler, E., op. cit., 1.
- (6) Zuber, S., „Manifestazioni e prospettive petrolifere dell'Italia alla luce degli accertamenti dell'ultimo trentennio”, Pubbl. AGIP. Italgraf, Roma 1940.
- (7) Bocalery, M., „Suggerimenti per una condotta razionale ed economica nelle ricerche degli idrocarburi”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 157.
- (8) Contini, C., „Le ricerche geofisiche dell'AGIP”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 167.
- (9) Monnet, C., „Su di un risultato dell'esplorazione gravimetrica della Pianura Padana: l'anomalia gravimetrica di Montalbano-Malalbergo”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 223.
- (10) Gandolfi, R., „Sviluppi e assestamenti delle sabbie nel Quaternario del Ferrarese”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 457.
- (11) Long, G., et Marchetti, M., „Studi sulle acque di strato del campo metanifero di Consandolo”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 469.
- (12) Migliorini, C., „I cunei composti nell'orogenesi”, Pubbl. n. 2, Centro per la Geologia dell'Appennino, Boll. Soc. Geol. It., vol. LXVII (1949), 29.

- (13) Signorini, R., „Sulla tettonica dell'Appennino Romagnolo”, R. Acc. d'Italia, Rendic. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., Serie 7, vol. I (1940), 370.
- (14) Beets, G., „Die Geologie des Westlichen Teiles der Berge von Monferrato zwischen Turin und Murisengo”, Leidsche Geologische Mededeelingen, Deel XII, aflevering I (1941).
- (15) Di Napoli, Alliata E., „La micropaleontologia applicata allo studio dei problemi geopetroliferi della Pianura Padana”, Riv. Tecn. „Metano”, n. 12, dicembre 1948.
- (16) Fabiani, R., et Facca, G., „Le scoperte di idrocarburi nella Pianura Padana e le prospettive nella Pianura Veneta Centrale”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 443.
- (17) Selli, R., „Le conoscenze geologiche sul Quaternario gassifero del Polesine e del Ferrarese Settentrionale”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 515.
- (18) Di Napoli, Alliata E., „Sull'esistenza del Calabriano e del Siciliano rivelata dai microfossili nel sottosuolo della Pianura Lombarda”, Riv. Ital. Paleont., vol. LIII, 1°, Milano 1947.
- (19) Di Napoli, Alliata E., „Contributo alla conoscenza della stratigrafia del Pliocene e del Calabriano nella regione di Rovigo”, Riv. It. Paleont., vol. LII, 2°, Milano 1948.
- (20) Migliorini, C., „Rapporti tra meccanismo di sedimentazione ed idrocarburi, con speciale riguardo al sottosuolo Padano”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 495.
- (21) Caltagirone, F., „Discorso al VI Convegno Naz. Metano”, Atti VI Convegno Naz. Metano, Padova 1949, 43.
- (22) Migliorini, C., „Short account of the geological conditions and of the oil prospection of a zone in southern Italy”. Ille Congr. Mond. du Pétrole, Paris 1937, vol. I, 587.

## DISCUSSION

M. C. WIEDENMAYER (Società Petrolifera Italiana, Fornovo Taro, Italie):

1) La communication de Jaboli est d'une haute valeur informative, car à l'heure actuelle nous disposons de très peu d'informations cohérentes sur le Bassin de la Plaine du Pô. Toutefois, la communication ne réussit pas à donner, pas même de manière concise et à titre d'essai, une idée à grands traits ni du caractère de ce bassin au point de vue stratigraphique, ni de la charpente structurale entre les deux systèmes de montagnes plutôt hétérogènes — les Alpes et les Apennins.

2) L'histoire de l'exploration comme la donne Jaboli, est essentiellement celle de l'A.G.I.P., une Société contrôlée par l'Etat.

3) La géologie des Apennins du Nord peut à peine être mise en corrélation avec celle du Bassin de la Plaine du Pô sur la base des informations disponibles aujourd'hui. Il est hors de doute que la stratigraphie du bassin n'est pas très claire, ce que la communication de Jaboli semble souligner. Mais la Plaine du Pô sera peut-être appelée à faire des contributions importantes à la stratigraphie régionale du Miocène Supérieur, du Pliocène et du Quaternaire dès qu'un échange libre de renseignements sera possible et que de meilleures sources d'informations seront disponibles. L'Italie, pays classique pour la stratigraphie du Tertiaire d'il y a un demi-siècle environ, comme le prouvent des noms tels que: Astien, Plaisancien, Messinien et Tortorien, offre toujours d'excellentes possibilités nouvelles pour des recherches stratigraphiques, où l'industrie du pétrole et du gaz va jouer un rôle important.

Les vues de M. Jaboli ne seront pas toujours unanimement partagées. Il dit (p. 224) que le passage du Miocène Moyen au Miocène Supérieur (Sarma-

lien? Messinien?) en général n'est signalé par aucune inconformité angulaire sensible. Mais les contreforts des Apennins montrent une discordance angulaire très marquée due à l'érosion entre le Miocène (To) et le Pliocène (Ms)\*. Jaboli dit à page 228: „Les Apennins qui pendant le Miocène supérieur étaient arrivés à une haute maturité morphologique, ont donné à la fosse de la Plaine des sédiments très fins, qui se sont déposés avec discordance sur les anticlinaux miocènes qui s'immergeaient lentement.” Il est clair que cette érosion dans le Miocène Supérieur (Sarmatien) est contemporaine du dépôt de sédiments (Sarmatien) dans la Plaine du Pô.

4) Les idées de Jaboli sur la génération, la migration et l'accumulation du gaz naturel et du pétrole sont théoriques, comme c'est généralement le cas avec des bassins neufs et relativement peu explorés. Même si on a réuni beaucoup plus de faits et d'observations se rapportant à la question, les opinions sur de tels sujets seront probablement encore très divergentes.

5) Le matériel graphique soumis à l'appui de la communication de Jaboli est probablement d'un intérêt particulier, quand même il présente un caractère très général. A propos de la figure 5 on dira que différentes méthodes de réflexion sismique ont été appliquées — dynamitage oblique et profilage continu. Le Bassin de la Plaine du Pô semble en général se prêter très bien à la méthode de réflexion sismique. Il a également fourni des résultats intéressants dans les levés au gravimètre, qu'on a étendus plus loin dans les Apennins.

Tout en félicitant M. Jaboli de l'excellent travail qu'il a fait jusqu'ici avec ses collaborateurs, la confrérie des géologues du pétrole et des géophys-

\* Figure 2.

ciens sera heureuse d'obtenir en temps et lieu plus de détails sur le Bassin de la Plaine du Pô et sur son développement.

Pour le commentaire ultérieur sur cette communication voir comm. de Migliorini sur Facca.

M. D. JABOLI, réponse au commentaire de M. Wiedenmayer:

1) La reconstruction structurale et stratigraphique de la Plaine du Pô est limitée au Néogène et au Quaternaire, parce que jusqu'à présent il n'y a pas de forage si ce n'est quelques rares sur l'arête de Ferrara qui soient allés au-delà du Néogène. En outre, une partie seulement de la Plaine du Pô, savoir la bande centrale de la fosse péri-apennine et l'Arête de Ferrara a été explorée à l'aide de forages. La connaissance de ces secteurs est suffisante et la reconstruction figurée mérite d'être étudiée; pour les autres nous sommes basés sur les résultats du relevé sismique. Les rapports de structure entre l'Apennine et la fosse péri-apennine sont indiqués aux paragraphes 2 et 4; les rapports de structure avec les Alpes sont de peu d'importance pour la tectonique de la fosse néogène qui est un résultat surtout de la tectogenèse apennine.

2) L'histoire de l'exploration regarde essentiellement l'A.G.I.P. étant donné que les autres Sociétés ont réalisé des recherches assez limitées et que les résultats n'ont pas été publiés.

3) Il n'y a pas de contradiction entre le fait que sur les bords du bassin où la tectogenèse a été plus intense on observe des discordances angulaires entre le Tortonien et le Pliocène et l'autre fait que dans la fosse péri-apennine il n'y ait pas de discordances sensibles entre le Tortonien et le Messinien. Les profils sismiques exécutés dans la Plaine du Pô et les sondages démontrent de toutes façons une continuité de sédimentation à travers tout le Miocène dans les secteurs explorés jusqu'ici.

4) Nous sommes d'accord pour reconnaître que les idées sur la genèse, la migration et l'accumulation de gaz et de pétroles restent théoriques; cependant, l'idée du drainage à partir des flancs des plis semble mieux s'accorder avec les phénomènes observés jusqu'ici dans les champs en production.

5) L'A.G.I.P. emploie normalement la méthode séismique par réflexion du type „dip-shooting” pour la première prospection et celle à profil continu pour l'étude des détails des structures.