

L'INDUSTRIE DES HYDROCARBURES

EN ITALIE

PAR

E. CAMERANA.

Nous n'avons aucunement la prétention d'exposer par cette note une étude scientifique des gisements de pétrole, d'asphalte et de bitume de l'Italie: notre but est de réunir les données publiées à cette égard afin de présenter aux membres du Congrès international de Bucarest un tableau d'ensemble des conditions actuelles de l'industrie des hydrocarbures en Italie.

A cet effet, nous nous sommes servi des rapports des ingénieurs des mines et des différentes communications parues jusqu'à ce jour, auxquels nous avons ajouté nos observations personnelles.

I. — DONNÉES GÉNÉRALES

Les terrains crétacés et les terrains tertiaires de l'Italie continentale et de la Sicile offrent de nombreux exemples de gisements d'hydrocarbures solides, liquides et gazeux, dont plusieurs forment l'objet d'une utilisation courante. En fait, l'importance industrielle des gites bitumineux et asphaltiques est affirmée par les florissantes exploitations de la Sicile et des Abruces; quant au pétrole, la réussite de quelques récents sondages de l'Emilie et les études qui s'y rattachent font entrevoir la possibilité de l'existence de dépôts considérables dans cette région; en ce qui concerne les dégagements gazeux, leur utilisation ne peut avoir qu'une importance secondaire et subordonnée aux emplois que les conditions locales permettent d'en faire.

Les gisements de bitume, d'asphalte et de pétrole en cours d'exploitation et les différentes manifestations hydrocarbonées

sont disséminés en plusieurs localités; on les trouve soit isolés, soit assez nombreux et rapprochés, de façon à former de véritables zones, ainsi que nous le montre la carte d'ensemble (Pl. I).

Dés indices de pétrole ont été constatés sur différents points de la Sicile et quelques-uns d'entre eux ont donné lieu à d'intéressantes recherches; mais pour la Sicile l'importance des gisements hydrocarburés se relie surtout aux exploitations de calcaire asphaltique des environs de Raguse, qui ont acquis en ces dernières années un développement considérable. Sur le continent on a tout récemment signalé l'existence d'un bassin pétrolifère près de Tramutola, province de Potenza; près de Salerne, à Laviano, on a exploité, par reprises, un gisement de calcaire asphaltique; le long des vallées du Pescara et du Liri, qui aboutissent l'une à l'Adriatique et l'autre à la Méditerranée, mais qui se rattachent au massif des Apennins, affleurent les couches bitumineuses et parfois pétrolifères, qui sont le siège des exploitations de l'Abruce et de la Terre de Labour. Sur le versant nord-est de l'Apennin, depuis Voghera jusqu'à Faenza, se déroule la zone pétrolifère de l'Emilie, dont on tire actuellement la modeste production de pétrole que fournit l'Italie.

Outre les couches de calcaire asphaltique, on peut mentionner les affleurements de schistes bitumineux que l'on retrouve sur le versant Est de l'Apennin de la province d'Ancone, près de Sassoferrato, et les couches bitumineuses d'une mine de lignite exploitée près de Valdagno, dans la Vénétie.

L'utilisation de gites bitumineux et asphaltiques date depuis longtemps, mais on n'a guère de données statistiques avant 1860: à cette époque la production était presque entièrement fournie par la mine de Colle San Magno, située dans la vallée du Liri, et n'atteignait que 5.000 à 6.000 tonnes par an. Vers 1870 commencèrent à se développer les travaux de la vallée du Pescara et, en 1880, les exploitations de Raguse, de sorte que la production ne tarda pas à s'accroître rapidement: en 1900 elle dépassait 100.000 tonnes; il y eut un répit assez sensible en 1902—03 à cause de la crise financière dont se ressentit alors l'Allemagne, qui est le principal débouché de la production, mais par la suite l'activité des travaux reprit son essort et en 1905 la production de calcaire asphaltique atteignit 131.371 tonnes, dont 105.217 tonnes ont été fournies par les gisements

de Raguse, 25.554 tonnes par ceux de la vallée du Pescara et le reste par les mines de la vallée du Liri.

Les données concernant la production des gisements de calcaire asphaltique depuis 1860 sont enregistrées dans le tableau suivant :

Années	Mines en exploitation	Ouvriers	Production	Valeur	Années	Mines en exploitation	Ouvriers	Production	Valeur
			— Tonnes	— Lires				— Tonnes	— Lires
1860	3	31	5 300	29 500	1884	13	416	17 350	455 200
1861	3	33	5 500	30 500	1885	14	488	13 728	306 782
1862	3	29	5 100	28 500	1886	15	488	17 943	388 249
1863	3	31	5 400	12 326	1887	23	615	18 507	419 921
1864	3	29	5 200	3 245	1888	14	870	20 064	505 111
1865	3	34	5 600	3 603	1889	20	921	29 844	541 032
1866	3	31	5 300	5 827	1890	20	729	45 125	1 203 890
1867	3	32	5 500	30 500	1891	10	719	28 180	678 900
1868	3	36	5 800	44 000	1892	16	673	34 580	840 920
1869	7	108	7 100	103 000	1893	12	535	25 980	565 800
1870	3	31	5 600	38 400	1894	12	899	60 493	1 403 390
1871	7	69	7 000	80 400	1895	12	705	46 713	1 023 751
1872	8	128	8 500	110 000	1896	15	722	45 456	888 632
1873	10	118	3 520	97 800	1897	15	805	55 339	948 273
1874	5	28	551	16 137	1898	13	1 252	93 750	1 328 224
1875	9	146	1 327	32 825	1899	13	1 277	81 987	1 152 946
1876	8	312	3 197	414 750	1900	12	1 692	101 738	1 461 433
1877	9	102	7 744	90 266	1901	14	1 752	104 874	1 397 809
1878	4	294	6 979	246 181	1902	12	1 105	65 004	852 925
1879	10	452	12 173	478 374	1903	12	1 456	89 690	1 233 316
1880	10	275	6 260	257 470	1904	11	1 233	111 900	1 595 728
1881	10	300	9 380	334 850	1905	13	1 183	107 014	1 531 378
1882	14	187	8 332	136 782	1906	14	1 670	131 371	1 802 419
1883	13	273	6 739	236 350					

L'exploitation des gisements asphaltiques donne lieu à une exportation considérable : la plus grande partie du produit, ainsi que nous l'indiquerons d'une façon plus détaillée tantôt, est expédiée à l'état brut, mais les matériaux asphaltiques élaborés,

tels que le mastic d'asphalte, l'asphalte pulvérisé et les pavés, sont pareillement l'objet d'un commerce assez important avec l'étranger: en 1906 l'exportation de cette catégorie de produits a monté à 27,180 tonnes, ayant une valeur correspondante de de 2,174, 416 livres.

Les chiffres relatifs à la production du pétrole avant 1860 font pareillement défaut: il est cependant hors de doute que les gisements de l'Emilie ont donné lieu par le passé à une exploitation suivie. On y recueillait le pétrole contenu dans les eaux salées qui circulent dans le sous-sol de la région au moyen de puits ordinaires creusés à la main à des profondeurs variables de 40 à 60 et même à 100 mètres; le débit de ces puits atteignait parfois 300 kilogrammes d'huile par jour. Cette exploitation, quoique fort coûteuse à cause des difficultés et des dangers que présentait le fonçage des puits par les dégagements de gaz, était néanmoins profitable grâce à la valeur élevée du produit, que l'on vendait à 3 francs le kilogramme: l'huile était dévolue à différents emplois et, entre autres, à des usages thérapeutiques.

À partir de 1850, c'est-à-dire dès que le pétrole américain fit son apparition sur les marchés de l'Italie, cette chétive industrie tomba en déchéance: en 1862 on comptait encore 28 puits productifs dans les provinces de Parme et de Plaisance et quelques-uns d'entre eux subsistent encore aujourd'hui.

Le succès de l'industrie américaine ne tarda pas à faire développer dans les localités pétrolifères de l'Italie des travaux de recherche par des moyens moins primitifs. Les premiers sondages furent entrepris en 1853 sur le gisement de Tocco Casauria, dans la vallée du Pescara, où depuis longtemps on utilisait les sources d'huiles lourdes qui, à l'occasion des pluies, découlent au pied du Monte Morone. Peu après, c'est-à-dire en 1866, les régions pétrolifères des provinces Emiliennes furent le but de nombreuses explorations. Ces différents essais n'aboutirent guère à des résultats satisfaisants au point de vue industriel, car les sondages avaient décelé la présence de couches imprégnées de pétrole, mais la quantité du produit était fort restreinte. En 1870 la production des puits de Tocco Casauria avait complètement cessé et celle de l'Emilie s'était réduite à une dizaine de tonnes. Vers cette époque l'attention des chercheurs se porta sur les gisements de la vallée du Liri

et l'on obtint par les sondages de San Giovanni Incarico des résultats assez encourageants, qui ne tardèrent cependant pas à faiblir après quelques années d'exploitation. On reprit alors, mais sans suite, les travaux de Tocco Casauria, tandis que les explorations de l'Emilie paraissaient prendre une allure plus favorable. En 1890, malgré les déceptions causées par les sondages de Salsomaggiore, poussés à plus de 600 mètres de profondeur, l'augmentation des droits d'entrée sur le pétrole fit redoubler l'activité des recherches en différentes localités de l'Emilie et surtout à Velleia, où l'on parvint à percer des cou-

Années	Mètres en exploitation	Ouvriers	Production		Valeur		Années	Mètres en exploitation	Ouvriers	Production		Valeur	
			Tonnes	—	—	—				Tonnes	—	—	—
1860	3	5	3	—	4 400	—	1884	6	110	397	—	135 452	
1861	5	8	4	—	3 200	—	1885	6	136	270	—	110 065	
1862	4	9	4	—	3 200	—	1886	7	145	219	—	91 130	
1863	7	18	8	—	6 400	—	1887	7	135	208	—	76 720	
1864	7	32	10	—	8 000	—	1888	5	75	174	—	55 630	
1865	10	70	315	—	66 000	—	1889	7	46	177	—	51 000	
1866	12	57	138	—	37 240	—	1890	9	177	417	—	120 603	
1867	11	58	110	—	38 400	—	1891	10	251	1 155	—	348 100	
1868	9	52	51	—	22 200	—	1892	7	267	2 548	—	754 500	
1869	8	45	20	—	16 000	—	1893	8	130	2 652	—	795 050	
1870	6	30	12	—	9 600	—	1894	9	—	2 854	—	847 260	
1871	6	40	38	—	10 000	—	1895	6	134	3 594	—	930 496	
1872	6	36	46	—	9 600	—	1896	9	262	2 524	—	644 468	
1873	5	35	65	—	11 200	—	1897	12	266	1 932	—	492 282	
1874	4	37	84	—	12 800	—	1898	11	241	2 015	—	589 129	
1875	6	38	113	—	15 600	—	1899	10	263	2 242	—	594 062	
1876	3	72	402	—	49 600	—	1900	9	235	1 683	—	491 769	
1877	—	45	408	—	54 000	—	1901	9	232	2 246	—	671 065	
1878	—	98	602	—	62 000	—	1902	11	261	2 633	—	778 163	
1879	4	70	402	—	50 000	—	1903	11	291	2 486	—	737 293	
1880	2	24	283	—	88 595	—	1904	11	379	3 543	—	1 053 294	
1881	—	24	172	—	76 540	—	1905	11	390	6 122	—	1 826 802	
1882	4	121	183	—	86 844	—	1906	10	376	7 451	—	2 226 559	
1883	5	92	225	—	58 387	—							

ches assez fertiles qui portèrent la production à près de 3500 tonnes en 1895. Le succès des puits de Velleia fit entreprendre dans une localité voisine, c'est-à-dire à Montechino, de nouveaux forages, dont le résultat fut tout aussi favorable, ayant obtenu des débits inconnus jusqu'alors en Italie et qui ont élevé la production à 6000 tonnes en 1905 et à 7500 tonnes en 1906.

Les circonstances que nous venons de résumer sont indiquées d'une manière plus détaillée par les chiffres ci-après, qui embrassent la production pendant la période 1860—1905.

Le débit des mines nationales, jusqu'à présent, est loin de suffire à la consommation du pays, aussi doit-on avoir recours à la production de l'étranger. L'importation du pétrole, y compris la benzine et le benzol, se maintient depuis près de 25 ans assez constante, variant entre 60.000 et 70.000 tonnes par an; voici d'ailleurs la répartition des quantités de pétrole introduites en Italie dans les cinq dernières années, selon les pays qui les ont fournies.

Provenance du pétrole	1902	1903	1904	1905	1906
	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Autriche-Hongrie . .	2 004	2 624	3 346	3 365	3 416
Malte	143	130	191	50	53
Roumanie	261	4 408	7 285	450	704
Russie	22 338	21 400	15 765	10 349	7 209
Etats-Unis	43 379	39 150	42 446	50 339	51 384
Autres pays	656	508	1 190	1 949	1 325
Total	68 781	68 220	69 233	69 493	64 451

A cette importation d'huiles légères il faut encore ajouter l'importation des huiles minérales lourdes et des huiles de goudron et de résine, qui en 1905 a atteint plus de 35.000 tonnes, fournies en grande partie par les Etats-Unis.

Les chiffres que nous venons d'exposer suffisent pour évaluer l'importance que les recherches et les études des gisements de pétrole présentent pour l'Italie: elles justifient en même temps la persévérance avec laquelle les travaux de découverte ont été suivis à travers des difficultés et des sacrifices remarquables et malgré les insuccès qui les ont bien souvent accompagnés.

En dehors du produit obtenu par le raffinage du pétrole indigène, dont nous nous occuperons plus loin, la distillation de la houille pour la fabrication du coke métallurgique et le traitement des sous-produits provenant des usines à gaz fournissent une certaine quantité d'huiles, qui en 1906 a atteint les chiffres suivants :

Huiles lourdes	tonnes 2004
Huiles légères	" 25
Benzines	" 120
Benzols	" 20

2. — GISEMENTS DE PÉTROLE, D'ASPHALTE ET DE BITUME.

Avant d'aborder la description des gisements d'asphalte et de pétrole que nous venons d'indiquer, nous devons rappeler une circonstance qui témoigne du rôle important que les hydrocarbures ont joué dans les terrains tertiaires d'une grande partie de l'Italie par rapport à la formation des gisements de soufre.

La formation solfifère occupe une position stratigraphique nettement déterminée dans les assises du miocène supérieur : elle est représentée, de bas en haut, par les couches de tripoli, par des bancs de calcaire siliceux et par des bancs de gypse d'une épaisseur variable, dont une partie plus ou moins importante a été transformée en minerai de soufre, recouverts par les marnes ou par les argiles du pliocène inférieur. Selon l'hypothèse généralement admise et énoncée d'abord par M. Mottura, ingénieur des mines, la formation du minerai de soufre de la Sicile serait due à la décomposition du sulphate de chaux par des hydrocarbures ; M. Baldacci (1), ingénieur des mines, a reconnu l'origine des sources hydrocarburées dans les dégagements de gaz qui ont lieu, même actuellement, aux environs de Caltanissetta, de Girgenti et ailleurs par les volcans de boue, appelés *maccalube*, qui représenteraient la suite du phénomène bien plus grandiose qui s'est produit lors de la déposition du sulphate de chaux. Les idées de M. Baldacci, qui expliquent d'une façon tout à fait convaincante la formation des gisements de soufre de la Sicile, sont pareillement applicables aux bas-

(1) BALDACCI L. *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia*. Roma 1886.

sins solifères de la Calabre, des Marches et de la Romagne et montrent l'importance et l'étendue de ces dégagements hydrocarburés provenant des terrains subjacents à la formation du miocène. Cette circonstance acquiert un intérêt spécial à notre point de vue par le fait que la composition des gaz des macalube, selon les analyses de M. Fouquet, est exactement la même que celle des gaz qui se dégagent des sondages, des salses et des soufflards (*fontane ardenti*) de l'Apennin Emilien. Ces nombreuses et abondantes manifestations se relient aux dégagements qui ont paru à l'époque tertiaire, dont ils ne sont, somme toute, que la continuation, et donnent une idée de l'importance de l'activité des sources hydrocarburées dans une grande partie du sous-sol de l'Italie. D'ailleurs, les rapports qui se passent entre les sources hydrocarburées et les gisements de soufre sont l'objet d'une constatation courante dans les mines, soit par les venues de gaz, malheureusement d'autant plus sensibles à mesurer que les travaux avancent en profondeur, soit par la nature bitumineuse des argiles et du minerai lui-même, surtout dans les gisements de la Romagne.

Manifestations de gites pétrolifères en Sicile. — Les suintements de pétrole à travers les couches miocéniques ne sont pas rares. En dehors des macalube dont nous avons parlé ci-dessus, il y a lieu de mentionner le lac de Naftia, près de Palagonia, où l'on remarque des dégagements gazeux ayant une forte odeur de pétrole accompagnés de dépôts de naphte, et les salses de Occhio dell'abisso près de Cianciana, et de Lavanche dell'Olio à Cattolica Eraclea.

En 1883, près de Lercara, au centre d'un important bassin solifère, on découvrit, au contact des argiles et des sables du miocène, une source qui fournissait environ 20 litres de pétrole par jour : pendant l'année suivante on en recueillit près de 2500 litres et on en tira 1200 litres dans la première moitié de 1885 ; on n'y entreprit, à ce qu'il paraît, aucune recherche, car à la suite d'un accident qui causa la mort de trois ouvriers toute exploration du gîte fut abandonnée.

Les seuls travaux de recherche entrepris jusqu'ici eurent pour but les terrains pétrolifères de la vallée du Salso, près de Nicosia : les indices y sont fournis par des sources d'eau pétrolifère qui suinte au contact de la formation arénacée, dans laquelle sont découpées les falaises de Nicosia et de Sperlinga,

avec les argiles écailleuses de l'éocène. L'importance de ces manifestations dépend, plus que du débit des sources, de la circonstance que les suintements appartiennent à un horizon géologique déterminé, auquel on ramène les indices analogues que l'on retrouve à la Fontana dell'olio, au sud de Petralia, à près de 25 kilomètres de Nicosia. Après l'essai infructueux d'une galerie filtrante, des explorations furent initiées en 1900 moyennant trois sondages poussés à la profondeur de 148, 423 et 76 mètres. On constata de nombreux dégagements de gaz et on recueillit même quelques centaines de litres d'huile, mais, à la suite de considérations purement administratives, les travaux furent abandonnés en 903. Les terrains traversés par le sondage de 423 mètres ont présenté, jusqu'à 134 mètres, une suite d'argiles et de marnes et, depuis, une alternance de grès, d'argiles et de schistes argileux. Nous noterons en passant que l'insuccès des sondages de Nicosia est loin d'avoir résolu la question, car la nature géologique des terrains, tout à fait analogue à celle des localités pétrolifères de la région Emilienne, mérite sans doute des explorations plus développées.

Gisements d'asphalte de Raguse.— Aux conditions actuelles les manifestations pétrolifères de la Sicile n'ont qu'une importance théorique et scientifique: les caractères industriels des gisements hydrocarbonés sont concentrés dans les couches asphaltiques.

La puissante formation de calcaire aux environs de Syracuse, qui est classée à la base du miocène moyen, présente, au sud de Raguse, une série de couches bitumineuses qui sont le siège d'une exploitation assez étendue. Le gisement asphaltique, d'après les récents travaux de recherches, paraît continuer au sud de Raguse dans le territoire de Modica et de Scicli et vers le nord à Vizzini, ce qui fait prévoir pour cette industrie un développement remarquable.

La formation asphaltique est presque horizontale: elle comprend une série de couches de calcaire tendre, souvent terreux, qui recouvre le calcaire compact du miocène inférieur. Les couches bitumineuses affleurent à larges traits ou bien elles sont cachées par un chapeau de calcaire stérile de 15 à 20 mètres d'épaisseur. La teneur en bitume varie de couche en couche et même le long d'une même couche, car on rencontre dans un même banc des passages brusques de parties riches à des zones

pauvres, de sorte que l'enrichissement est concentré sous forme de larges noyaux dont la distribution dans la masse paraît cependant suivre une allure constante, selon certaines lignes de direction. Toutefois, cette minéralisation discontinue conduit à des travaux de découverte assez étendus et exige un certain triage du produit de l'abattage.

Voici, de haut en bas, la suite de couches de la formation: au-dessous du calcaire stérile de recouvrement se trouve une couche de calcaire gris-clair de 7 à 8 mètres d'épaisseur, appelé *albume*, contenant 4 pour cent de bitume: ce calcaire n'est pas assez riche pour être utilisé comme roche bitumineuse et, d'autre part, trop facilement altérable pour des constructions, c'est par conséquent un matériel de déchet. Vient ensuite la couche du *gerbino*, de 6 à 7 mètres de puissance; c'est un calcaire grisâtre moyennement riche, ayant environ 8 pour cent en bitume: après chauffage on le façonne aisément à la scie, on l'emploie comme pierre de taille pour des pièces d'ornement. Au-dessous du *gerbino* apparaît la couche bitumineuse proprement dite de 4 à 6 mètres d'épaisseur, de calcaire *nero*, dont la teneur en bitume varie de 15 jusqu'à 50 pour cent; on en distingue, selon la richesse, deux qualités: la *pietra media* et la *pietra grassa*. La couche de calcaire bitumineux repose sur un banc de calcaire stérile, qui parfois marque la reprise d'une nouvelle série.

Les exploitations ont lieu en grande partie à ciel ouvert, mais les travaux de recherche par galeries, qui sont en train d'exécution, permettront sous peu un large développement de travaux souterrains.

L'utilisation des gisements de Raguse acquiert chaque jour une importance croissante: la production de 1906 a dépassé 105.000 tonnes: elle est trois fois plus grande que celle de dix ans auparavant. Les données concernant l'activité de ces travaux pendant les trois dernières années sont résumées comme suit:

Années	Mines en exploitation	Production — Tonnes	Valeur — Lires	Ouvriers
1904	4	89.000	1.330.000	785
1905	5	86.000	1.290.000	903
1906	14	105.217	1.482.305	1.346

La plus grande partie de la roche asphaltique est vendue à l'étranger; l'exportation, qui se fait notamment aux ports de Syracuse et de Muzzarelli, est principalement dirigée vers l'Allemagne, ainsi que l'on peut en déduire du tableau qui suit:

P a y s	1904	1905	1906
Allemagne	40.622	54.685	66.357
Amérique	4.600	3.314	4.984
Angleterre	7.877	10.808	12.976
Autriche	3.210	2.200	5.128
Belgique	—	—	4.200
Egypte	700	1.500	2.704
France	5.360	3.050	2.200
Grèce	—	600	—
Indes Orientales	—	—	200
Italie	1.279	1.593	2.969
Pays Bas	15.762	7.027	300
Roumanie	—	—	700
Russie	250	220	—
Total . . .	79.660	94.997	102.718

Le développement des travaux en cette dernière année a déterminé la formation de nouveaux groupes industriels, aujourd'hui l'exploitation des gisements d'asphalte de Ragusa est représentée par les raisons suivantes:

H. e A. B. Aveline & C. — Ragusa.

Società Sicula per l'estrazione dell'asfalto. — Ragusa.

The United Limmer & Vorwohle Rock asphalte Co. Ld. — Ragusa.

Cocco Testa — Ragusa.

Weiss e Freitag. — Ragusa.

Une partie de la production de la roche asphaltique est utilisée en Sicile pour la fabrication de l'asphalte pulvérisé et du

mastic d'asphalte; ce traitement se fait par trois usines, dont l'une, appartenant à MM. H. et A. B. Aveline, est à Catane, et les deux autres propriété de „la Società Sicula per l'estrazione dell'asfalto" et de la „The United Limmer & Vorwöhle Rock asphalte Co. Ld.", sont installées près de Raguse. L'importance de cette industrie est encore restreinte à côté de la production minière que nous venons d'indiquer, ainsi que l'on peut en déduire par les chiffres ci-dessous :

	Asphalte pulvérisé		Mastic d'asphalte		Ouvriers	Force motrice en HP
	Production	Valeur	Production	Valeur		
	Tonnes	Lires	Tonnes	Lires		
1904	8 240	258 680	1.700	91.500	48	130
1905	7 800	244.140	1.600	85 120	45	130
1906	8.000	240.000	800	40.800	40	200

Gisements de Tramutola et de Laviano — Dans la partie la plus méridionale de l'Italie continentale on n'a reconnu jusqu'ici aucun gisement de pétrole ni de bitume, quoique l'on rencontre les preuves d'une ancienne activité des hydrocarbures dans la formation des gisements de soufre aux environs de Cotrone.

En remontant vers le nord on trouve des indices pétrolifères près de Tramutola, dans la province de Potenza.

D'après M. Crema, ingénieur des mines (1), les manifestations sont localisées dans une zone appartenant à l'éocène; elles sont fournies par des sources d'eau contenant du pétrole, dont la plus importante suinte au contact des couches éocéniques avec le calcaire triasique et donne des filaments d'huile d'une coloration brun foncé, ayant le poids spécifique de 0,900. L'étendue restreinte de la zone, le petit nombre des manifestations et la faible puissance de la formation éocénique n'amènent guère, au préalable, à des conclusions engageantes sur le succès de ce bassin; il serait néanmoins intéressant de pousser quelques recherches en profondeur pour être à même de connaître avec plus de certitude l'importance réelle du gîte.

(1) Il petrolio nel territorio di Tramutola. Bollettino della Società Geologica, volume XXI, 1902.

Dans le territoire de cette province on a signalé des affleurements de calcaire bitumineux près de Magliano Vetere.

Aux alentours de Laviano, commune appartenant à la province de Salerne, on a entrepris, par le passé, des recherches sur un gisement de brèche asphaltique comprise dans les bancs de calcaire et de grès de la formation éocénique; les travaux, à ciel ouvert, eurent même un certain développement en 1886; on les abandonna à dater de 1888.

Zone asphaltique et pétrolifère des Abruces et de la Terre de Labour. — Des traces de dégagements d'hydrocarbures nous sont révélées par le bassin solfifère de la vallée du Sabato aux alentours de Tufo et d'Altavilla Irpina, dans la province d'Avellino; mais au point de vue qui nous occupe, la zone la plus intéressante de la partie méridionale de la péninsule nous est offerte par la formation asphaltique et pétrolifère qui s'étend le long des bassins hydrographiques de la vallée du Pescara et de la vallée du Liri et qui comprend une partie du territoire des Abruces, de la Terre de Labour et de la province de Rome. Cette région est placée (pl. II) transversalement au faite de la chaîne des Apennins, sur une étendue de près de 100 kilomètres de longueur et de 60 de largeur; au point de vue industriel son importance actuelle est surtout due aux gisements d'asphalte et de bitume, qui sont exploités activement dans la vallée du Pescara et d'une façon moins suivie dans la vallée du Liri, et aux gisements pétrolifères qui ont donné lieu aux travaux de Tocco Casauria et de San Giovanni Incarico. Quoique ces gites, soit par leurs caractères géologiques, soit par la continuité de leurs affleurements, puissent être réunis dans une même zone, nous les examinerons séparément, suivant la position topographique qu'ils occupent par rapport aux deux versants adriatique et méditerranéen de l'Apennin.

Gisements de la vallée du Pescara. — Les exploitations de cette région ont été l'objet de nombreuses études (1); le lecteur peut y suivre les intéressantes descriptions géologi-

(1) NICCOLI E. *Relazioni sul servizio minerario, 1881-1886.*

DE ANGELIS D'OSSAT G. *Le sorgenti di petrolio a Tocco Casauria. Rassegna mineraria, vol. XI, 1899.*

NOVARESE V. *I giacimenti di asfalto di San Valentino. Rassegna mineraria, volume XX, 1904.*

ques auxquelles les auteurs se sont livrés; nous nous bornons à résumer les données les plus importantes au point de vue industriel.

L'étendue de la zone asphaltique en exploitation aux environs de San Valentino est remarquable: elle occupe les territoires des communes de Manoppello, Lettomanoppello, Roccamorice et Abbatteggio, qui se déroulent du côté nord du massif de la Maiella; les dimensions de notre carte ne nous permettant pas d'y indiquer la position des différentes excavations, nous nous sommes bornés à marquer les noms des communes dont les mines font partie.

Les traces de la minéralisation ne s'arrêtent pas aux localités que nous venons d'indiquer: les sources pétrolifères de Tocco Casauria et les couches asphaltiques reconnues à Popoli, le long du bassin proprement dit du Pescara, les affleurements bitumineux et les dégagements de gaz de Fara San Martino, de Taranta dei Peligni, de Pescostanzo et de Rivisondoli, au sud de la Maiella, enfin les terrains asphaltiques retracés à Carapella Calvisia, à Pescina, à Capistrello, dans la province d'Aquila, paraissent assigner aux manifestations hydrocarburées du penchant adriatique de l'Apennin une étendue considérable, qui le rattache à la zone contigüe du versant méditerranéen.

Tandis que les gisements de Raguse sont contenus dans un même horizon géologique, les couches asphaltiques de la vallée du Pescara occupent différentes positions stratigraphiques à partir de l'éocène jusqu'aux terrains quaternaires, parmi lesquels sont classés certains calcaires concrétionnés bitumineux: mais les couches industriellement utilisables sont celles qui appartiennent aux terrains qui se trouvent au-dessous de la formation gypseuse du miocène supérieur.

Cette assise est largement représentée aux alentours du massif de la Maiella, elle correspond à la série solfifère des Romagnes et des Marches, dont elle n'est d'ailleurs que la continuation, en se reliant aux séries de la province d'Avellino et de la Calabre, avec cette seule différence que la minéralisation en soufre y fait, au point de vue industriel, presque complètement défaut, comme si les hydrocarbures qui ont amené ailleurs la réduction de la masse gypseuse eussent été absorbés par les couches calcaires subjacentes, en y localisant les imprégnations bitumineuses. Les traces de l'action rédu-

tive des hydrocarbures se retrouvent soit dans la teneur en soufre des bitumes, soit dans quelques concentrations de soufre bitumineux, au sein des argiles miocéniques, formées presque en parties égales de soufre et de bitume.

Les horizons asphaltiques exploités sont au nombre de quatre, dont trois appartiennent au miocène et le quatrième à l'éocène, mais les traces bitumineuses se décèlent, en dehors des calcaires quaternaires dont nous avons parlé, dans les couches gypseuses du miocène supérieur et dans les marnes superposées à l'éocène.

L'allure générale des terrains paraît assez régulière, tout en étant sillonnée par des systèmes de fractures qui sont probablement en rapport avec les concentrations asphaltiques. La minéralisation en effet n'est pas continue sur toute l'étendue du bassin: on y rencontre souvent des alternances de concentrations riches et de parties stériles; la puissance des dépôts imprégnés arrive à 30, à 40 et même à 50 mètres, ce qui donne à ces gisements une grande fertilité, car quelque limitée que soit l'étendue des parties riches, la quantité de minerai utilisable est toujours remarquable; ainsi, à la mine de San Giorgio, les travaux préparatoires développés sur une étendue d'environ un demi-hectare de surface ont mis à découvert une masse exploitable de près de 500 000 tonnes.

Au point de vue de la composition chimique, on a constaté que la nature de la roche est loin d'être uniforme pour toutes les couches: la roche fournie par les couches de l'horizon asphaltique moyen du miocène serait une véritable dolomie, tandis que les gisements appartenant à l'horizon inférieur du miocène et aux assises minéralisées de l'éocène ne contiennent que des quantités insignifiantes de magnésie.

A la différence des calcaires asphaltiques de Val de Travers, de Seyssel, de Limmer et même de Raguse, compactes, d'apparence terreuse et d'une teinte chocolat, la roche du Pescara présente une coloration noirâtre, avec des nuances grises qui dépendent du degré d'imprégnation de la masse. La richesse en bitume varie en moyenne entre 8 et 11 pour cent, mais elle atteint parfois des teneurs plus élevées, jusqu'à 30 pour cent; selon la proportion de bitume et la composition de la roche, on en tire des applications différentes; on distingue, en effet, la roche asphaltique proprement dite et la roche bitumineuse;

cette dernière est fournie par les couches qui se trouvent à la base du miocène; elle contient en moyenne 10 à 15 pour cent de bitume, que l'on extrait par liquation; les autres horizons minéralisés donnent la roche asphaltique. Quelques mines fournissent aussi, mais en faible quantité, des matériaux imprégnés de 14 à 20 pour cent d'huile.

L'exploitation régulière de ces gisements date de 1869; les résultats que l'on se promettait par l'exploitation du dépôt pétrolifère de Tocco Casauria, dont nous nous occuperons tantôt, fixèrent l'attention des industriels sur la possibilité d'utiliser les calcaires bitumineux pour l'extraction des huiles et ce fut dans ce but que l'on commença les premiers travaux; on obtenait le bitume par liquation de la roche et ensuite, au moyen de trois distillations successives, on en tirait des huiles à des densités variables, dans les proportions suivantes sur 100 parties de bitume distillé :

1.4	Essence de pétrole	densité 0.735
15.4	Photogène	• 0.820
14.7	Huile d'éclairage en des lampes spéciales.	• 0.875
14.0	Huile fine de graissage	• 0.960
21.0	Huile ordinaire de graissage	• 0.990
33.5	Résidus carbonieux et perte	•

Soit en moyenne 1.57 d'huiles d'éclairage et 1.75 d'huiles de graissage pour 100 de roche asphaltique. Ce faible rendement en produits de distillation aurait exigé, pour aboutir à une industrie lucrative, le traitement de grandes quantités de roche que les mines n'étaient pas appareillées à produire. On ne tarda pas à abandonner la fabrication des huiles lampantes, dont la qualité était fort inférieure, et on se borna à la production des huiles de graissage; mais même à cet égard l'industrie n'eut guère de succès, à cause de la consommation fort restreinte et de la concurrence des produits similaires, de sorte que la distillation de roche asphaltique fut laissée de côté pour s'en tenir à l'industrie de l'asphalte.

Les exploitations ne tardèrent pas à se développer rapidement, en atteignant une production de près de 30.000 tonnes en 1901; voici d'ailleurs les données relatives aux trois dernières années :

Années	Mines en exploitation	Production	Valeur	Ouvriers
		— Tonnes	— Lires	
1904	7	22 900	260 728	278
1905	8	21 014	241 378	280
1906	9	25 554	250 794	321

Ces chiffres concernent non seulement le calcaire asphaltique, mais aussi le bitume brut et les huiles fournis par la roche bitumineuse, qui est traitée sur place. Le traitement consiste en une distillation obtenue au moyen de fours à cornues en fonte, qui permet d'extraire environ le 30 pour cent du bitume contenu dans la roche, le résidu étant utilisé comme combustible pour le chauffage des cornues. Le bitume brut ainsi obtenu, et dont la quantité annuelle ne rejoint pas un millier de tonnes, est ensuite transporté aux usines de raffinage.

La roche asphaltique brute ou pulvérisée est en partie exportée en Allemagne pour les applications de l'asphalte comprimé et en partie traitée aux usines pour la fabrication du mastic et de briquettes d'asphalte.

Les exploitations sont en général à ciel ouvert, mais dans quelques mines les travaux souterrains sont développés et utilisés pour les transports. Les distances auxquelles les mines se trouvent des usines et les conditions topographiques des lieux donnent au service du transport de la roche brute une importance considérable; aussi a-t-on aménagé pour le parcours de plusieurs kilomètres des voies de roulage qui relient les chantiers d'abattage aux usines.

Les mines en production en 1905 furent au nombre de 9, mais il y en a qui n'étaient pas en exploitation pendant cette période: au total les mines reconnues sont au nombre de 18, dont 10 pour la roche asphaltique et 8 pour la roche bitumineuse; les exploitations les plus importantes sont conduites par les raisons sociales:

Società degli asfalti di San Valentino (Reh e C.). — Scafa. (San Valentino), province de Chieti.

The Neuchâtel Asphalte Co. Ld., id. id.

Le traitement des matériaux asphaltiques et bitumineux se

fait par deux établissements appartenant aux maisons que nous venons d'indiquer.

Les données relatives à la production de ces usines pendant les trois dernières années peuvent être résumées comme suit :

Années	Asphalte pulvérisé		Mastic d'asphalte, pavés		Briquettes d'asphalte		Bitume raffiné		Ouvriers	Force motrice en HP	
	Production Tonnes	Valeur Lires	Production Tonnes	Valeur Lires	Production Tonnes	Valeur Lires	Production Tonnes	Valeur Lires		Hydraulique	A vapeur
1904	10.055	160.880	9.216	233.800	629	27.676	977	166.570	256	225	175
1905	7.496	119.968	8.537	217.518	564	24.552	839	153.040	273	255	175
1906	11.930	190.880	12.420	316.550	246	10.664	990	181.000	264	255	53

Le calcaire asphaltique n'est pas le seul produit hydrocarboné de la vallée du Pescara; nous avons mentionné le gisement pétrolifère de Tocco Casauria et, quelque réduite que puisse paraître en ce moment son importance industrielle, il y a lieu cependant d'en donner quelques détails.

Aux environs de Tocco Casauria, aux pieds du massif du Monte Morone et au contact des éboulis de calcaire avec les argiles qui se trouvent en contre-bas de la colline, ont lieu des suintements pétrolifères sous forme de sources d'eau contenant des huiles lourdes et bitumineuses chargées de soufre et d'une densité variable de 0.990 à 1.050: ces manifestations apparaissent spécialement à la suite des pluies qui filtrent dans le terrain et entraînent le bitume. Cette circonstance a même suggéré un système d'exploitation assez original, dont on a quelquefois tiré parti: en se basant sur l'action de lavage des eaux pluviales, on a tâché d'en augmenter l'effet en introduisant dans une grotte naturelle du terrain les eaux d'un torrent qui s'écoule dans le voisinage; on obtint de la sorte une récolte d'huile assez abondante, qui cependant tendait à diminuer à mesure que continuait l'émission des eaux de lavage, jusqu'à cesser tout à fait. On ne s'en tint cependant pas à cette seule méthode d'utilisation, car cette intéressante localité a été l'objet de plusieurs recherches par sondages.

L'huile ou plutôt le bitume de Tocco Casauria aux premiers abords de son utilisation servait pour l'extraction d'une huile

lampante dite „toccolina“, qui résultait du mélange des huiles de différentes densités obtenues par la distillation du bitume brut; la „toccolina“, d'une teinte jaune, très limpide, ayant un poids spécifique de 0.845, très riche en carbone, était utilisée pour des lampes spéciales à combustion très vive.

Sur 100 parties de bitume on obtenait:

- 47.10 d'huiles lampantes (toccolina).
- 15.0 d'huiles de graissage.
- 34.5 d'asphalte.
- 3.5 de perte.

La „toccolina“ a été employée pendant nombre d'années pour l'éclairage public de quelques pays des environs, mais à la suite de la diffusion des autres procédés son usage a été abandonné.

Par les soins de M. DEMARCHI, ingénieur des mines, on a fait des recherches comparatives sur les propriétés physiques des huiles de Tocco Casauria et des huiles de Russie, qui sont ordinairement employées pour le graissage ou comme combustible pour des locomotives spéciales; en voici le résultat:

Indication des échantillons	Densité	Produits de la distillation	Point d'inflammabilité des vapeurs	Teneur en soufre %
Pétrole de Tocco Casauria 1	0.975	Donne 2 % d'huiles légères jusqu'à 100°: se décompose ensuite	Au dessous de 80° Combustion facile à 85°	4.71
Id. 2	0.990	Se décompose	A 70° Combustion facile à 85°	3.98
Id. 3	0.968	Environ le 20 % entre 100°-310°	A 50° Combustion facile à 70°	4.14
Id. 4	1.000	Environ le 8 % entre 100°-310°	A 70° Combustion facile à 100°	3.47
Id. 5	0.952	Environ le 30 % entre 100°-310°	A 75° Combustion facile à 80°	3.86
Id. 6	0.960	Environ le 25 % entre 100°-310°	A 70° Combustion facile à 100°	4.60
Pétrole russe....	0.905	Environ le 5 % entre 100°-310°	A 105° A 130° le dégagement des vapeurs est peu sensible	0.29

Les premiers travaux réguliers de recherches sur le gisement de Tocco Casauria datent de 1863; ils furent suivis par reprises jusqu'en 1896 au moyen de quatre sondages entrepris aux alentours des sources pétrolifères et poussés à des profondeurs comprises entre 410 et 470 mètres; mais les résultats obtenus ont été loin de justifier les espoirs que l'on avait conçus, car le débit des niveaux pétrolifères a toujours été fort limité. La production de ce gisement a atteint en certaines années quelques centaines de tonnes, fournies surtout par les sources au moyen de l'émission des eaux du torrent, mais en moyenne elle ne dépasse pas une quarantaine de tonnes.

Le sondage de 470 mètres a pénétré dans la formation éocénique, mais l'imprégnation bitumineuse paraît avoir son siège dans les bancs de calcaire miocénique; elle serait, d'après les uns, en rapport avec la formation asphaltique qui l'entoure, tandis que d'autres y reconnaissent une origine séparée; quoi qu'il en soit, le faible débit des sondages et surtout le régime intermittent des sources semblent écarter la probabilité de recouper une concentration importante et paraissent plutôt indiquer que le pétrole bitumineux suinte lentement des couches imprégnées, en se recueillant en des quantités limitées dans les porosités et dans les cavités du terrain.

Le gisement de Tocco Casauria forme l'objet d'une concession minière adjugée à MM. Givaudau et Vial, de Lyon.

La rectification des huiles de Tocco Casauria se faisait par une raffinerie installée à Torre dei Passeri; on y traitait pareillement des roches huileuses et les bitumes fournis par quelques exploitations de la vallée du Pescara; cet établissement a cessé de fonctionner en 1903; les produits de la mine de Tocco Casauria sont maintenant passés aux usines de la „Società degli asfalti di San Valentino“ et de la „The Neuchâtel Asphalt Company Limited“.

Gisements de la vallée du Liri.— Cette région contient, à l'instar de la vallée du Pescara, des gisements bitumineux et pétrolifères dont l'exploitation, surtout en ce qui concerne les asphaltes, n'a cependant pas atteint le développement et l'importance de celle des Abruces. Les travaux les plus intéressants ont eu lieu sur le gisement asphaltique de Colle San Magno; le calcaire crétacé y est en plusieurs points sillonné par des fractures plus ou moins étendues, qui probablement se

sont produites pendant la période d'activité des anciens centres volcaniques des alentours; elles sont remplies par un conglomérat formé par les matériaux fragmentaires des époutes imprégnés de bitume. Les affleurements de ces dykes paraissent sur une étendue assez vaste; l'épaisseur en est fort irrégulière, elle varie entre un mètre et même plusieurs mètres, car l'allure des dykes présente une suite de renflements et de rétrécissements en rapport avec la largeur des fractures.

Les concentrations les plus riches de ces chapelets ont été l'objet, dès 1851, d'une exploitation suivie par des travaux à ciel ouvert; la teneur de la brèche en bitume variait de 7 à 11 pour cent, elle n'était pas suffisante pour permettre la séparation du bitume liquide par liquation: on se bornait en effet à utiliser ces matériaux pour la fabrication de l'asphalte en pains, moyennant l'addition de 8 à 10 pour cent de goudron.

La production de la mine de Colle San Magno se maintint jusqu'en 1872 sur le pied de 5000 à 6000 tonnes de brèche asphaltique par an: les difficultés que présentait la concurrence des asphaltes artificiels fit ensuite fléchir cette exploitation; les travaux furent arrêtés d'abord et ensuite repris par intervalles: une deuxième période d'exploitations régulières, mais moins actives, eut lieu depuis 1877 jusqu'à 1886; depuis lors les travaux ont été abandonnés.

Le bassin du Liri présente dans les montagnes faisant partie de l'arrondissement de Frosinone, à Monte San Giovanni, à Bauco, à Castro dei Volsci et à Fillettino des manifestations asphaltiques et bitumineuses ayant formé à plusieurs reprises le but de nombreux travaux de recherches, mais sans donner lieu jusqu'à ce jour à des exploitations régulières.

Ces indices sont surtout remarquables près de Monte San Giovanni: les calcaires crétacés donnent un matériel contenant environ 4 pour cent en bitume, mais on y retrouve dans les argiles et dans les marnes du miocène supérieur des imprégnations et des concentrations dont la teneur de bitume atteint 15 pour cent, et des grès pliocéniques cimentés par le bitume en proportion d'environ 6 pour cent.

Les couches asphaltiques de Castro dei Volsci et de Collepardo appartiennent aux assises de l'éocène et du crétacé; les affleurements des environs de Fillettino offrent, au point de vue géognostique, un intérêt spécial, car d'après les déterminations

de MM. Viola et Di Stefano ils devraient être rangés parmi les bancs dolomitiques du trias.

L'activité industrielle des mines que nous venons d'indiquer a toujours été fort restreinte : la production n'a guère dépassé, en moyenne, quelques centaines de tonnes par an.

A partir de 1892 ces mines ont été presque inactives : tout récemment, l'exploitation a été reprise à Filettino et a fourni en 1906 une production de 500 tonnes de calcaire asphaltique.

Les gisements pétrolifères du bassin du Liri se retrouvent à Ripi et à San Giovanni Incarico.

Les calcaires et les grès tertiaires des environs de Ripi donnent lieu à des suintements de pétrole sur une zone assez étendue, mais presque totalement inexplorée. Les recherches se sont bornées à deux sondages à la main, dont le plus profond a atteint 63 mètres, il y a une trentaine d'années ; on en tira près de 2000 litres d'huile bitumineuse, qui d'ailleurs continue même aujourd'hui à voiler la surface de l'eau de remplissage des puits.

L'huile de Ripi contient, à ce qu'il paraît, environ 50 pour cent d'huiles lampantes et 50 pour cent d'huiles de graissage et de goudron.

Le bassin de San Giovanni Incarico, qui se trouve à 4 kilomètres environ au sud-ouest du gisement de Colle San Magno, a été l'objet de travaux plus importants et réussis. Le terrain pétrolifère y est représenté par des marnes, des grès et des calcaires du miocène adossés au calcaire nummulitique et au calcaire crétacé, et recouverts par des dépôts argileux et sableux et même par des tufs volcaniques.

Les premières recherches, qui eurent lieu en 1871, décélérent un niveau fertile à une profondeur de 15 à 20 mètres ; on entreprit alors des sondages réguliers, qui recoupèrent des niveaux productifs à 40 mètres en moyenne de profondeur, en obtenant des débits de près de 5000 litres par jour au moyen de la pompe et par un seul puits.

L'huile de San Giovanni Incarico présente les caractères d'un bitume ayant une densité de 0.966 à 0.978, d'une teinte noir foncé et très riche en soufre.

Par une raffinerie installée près de la mine on obtenait les produits suivants :

Huile lampante	1 pour cent
Huiles lourdes . . . densité 0,895	39 "
" . . . " 0,945	19 "
" . . . " 0,945	20 "
Asphalte et coke	11 "

Ces différentes qualités d'huiles lourdes étaient utilisées pour la fabrication du gaz d'éclairage et des matériaux de graissage.

Pendant la période la plus favorable de l'exploitation, c'est-à-dire en 1876—1879, on obtint en moyenne une production de 450 tonnes par an. Ensuite le niveau fertile de 40 mètres commença à s'épuiser : on fonça des puits à des profondeurs plus grandes, en recoupant un autre horizon à près de 100 mètres, mais d'un débit plus faible, et un sondage poussé à 350 mètres ne donna pas de résultat. Nous n'avons pas de données sur la nature des terrains traversés à cette profondeur, mais il est intéressant de signaler que par un autre forage on recoupa les mêmes conglomérés bitumineux que l'on retrouve à Colle San Magno et à Castro dei Volsci, ce qui tend à prouver les rapports de ces manifestations à l'égard de leur origine. Après l'essai infructueux du sondage de 350 mètres perforé en 1887, on se borna à récolter l'huile que fournissaient les anciens puits, à raison de 450 kilogrammes par semaine. Peu à peu ce faible débit vint à manquer et la mine, à dater de 1892, n'a plus été productive.

Zone pétrolifère de l'Emilie.—Les dégagements des gaz hydrocarbonés qui ont donné lieu aux gisements de soufre des Marches et de la Romagne, le long du versant adriatique des Apennins, paraissent relier les dépôts asphaltiques des Abruzzes au bassin pétrolifère de la région Emilienne; la formation gypseuse n'y est pas accompagnée de ces couches calcaires qui dans la vallée du Pescara se sont imprégnées de bitume, de sorte que l'action réductrice des hydrocarbures s'est développée entièrement à l'avantage des couches solifères, qui cependant se montrent tellement imprégnées de bitume que le soufre brut de ces gisements doit toujours être raffiné, et dans quelques mines, ainsi qu'à Particara et à Marazzana, le bitume est non seulement incorporé dans le minerai, mais il dégoutte même avec une certaine abondance au travers des failles et des cassures qui sillonnent les couches. Dans ce groupe minier il se dégage, des ravins creusés à travers les argiles écailleu-

ses subjacentes à la formation solfifère, une forte senteur de pétrole, et les travaux souterrains tracés au mur de la couche minéralisée sont constamment soumis aux émanations hydrocarburées.

D'ailleurs, en dehors de ces manifestations fournies par les bassins solfifères, la présence des hydrocarbures est décelée par des salses que M. DE ANGELIS D'OSSAT (1) a remarquées aux environs de Pieve Santo Stefano, au sein des argiles écailleuses, et qui forment le point avancé des nombreuses manifestations similaires de l'Apennin de l'Emilie. La formation gypseuse se retrouve tout le long du versant oriental et septentrional des Apennins, mais les couches solfifères s'arrêtent aux alentours de Faenza, où commencent, à quelques kilomètres près, les indices pétrolifères de l'Emilie.

Tandis que les zones hydrocarburées de la Sicile, des Abruces et de la Terre de Labour doivent leur importance aux gisements bitumineux, la zone Emilienne est essentiellement pétrolifère; les dégagements de gaz, les suintements, les sources, les nappes exploités sont distribués sur une bande de terrain qui se déroule au long du versant septentrional de l'Apennin sur un parcours de 250 kilomètres environ.

Le squelette de la région est représenté par un double système de plissements, c'est-à-dire par des plissements parallèles à l'axe du soulèvement de la chaîne, allant du nord-ouest au sud-est, et par des plis en sens normal à la ligne principale du soulèvement; à ce deuxième système de plis, anticlinaux et sinclinaux, correspondent les vallées creusées par les fleuves et les torrents qui s'écoulent vers la plaine.

M. Pantanelli, professeur de géologie à Modène (2), a retracé quelques-unes des lignes de plissements parallèles à l'arête de la chaîne: sur la carte ci-jointe (Pl. III) nous avons rapporté les indices de deux d'entre elles, qui se rattachent à la zone pétrolifère.

Les ondulations des collines pliocéniques, le long du contact avec les terrains quaternaires de la plaine, forment la limite de la zone pétrolifère vers le nord-est; la limite du côté du sud-

(1) Les gisements pétrolifères en Italie. *Moniteur des Intérêts Pétrolifères Romains*, 1903.

(2) L'appennino settentrionale dalla Trebbia al Reno. *Congresso geografico italiano* 1902.

ouest, vers l'arête principale de la chaîne, paraît suivre, ainsi que nous le verrons tantôt, le faisceau le plus méridional des lignes de plissement; la zone se coince comme un croissant au nord-ouest contre la vallée de la Staffora, près de Voghera, et au sud-est près du cours du Senio, entre Imola et Faenza, où commencent les affleurements de la formation solfifère de la Romagne.

Dans la région qui nous intéresse on retrouve toute la série des terrains tertiaires jusqu'à l'éocène inférieur ou au crétacé supérieur, selon la position que l'on veut assigner aux argiles écaillées. La suite des terrains n'est pas complète partout et les différentes assises n'ont pas le même développement dans toute l'étendue de la zone; ainsi les formations du tertiaire supérieur dominant dans la partie occidentale, et par contre celles du tertiaire inférieur sont spécialement représentées dans la partie orientale: ce n'est guère le cas de donner une description lithologique de la région, il nous suffira d'observer que, tandis que dans la partie la plus élevée de l'Apennin abondent les roches perméables, telles que les grès (macigno) et les calcaires (alberese), les terrains compris dans la zone pétrolifère sont en grande partie formés de roches argileuses et marneuses presque étanches; les éléments perméables sont fournis par des couches de calcaire ou de grès intercalées ou par des argiles sablonneuses. Nous devons cependant dire un mot sur la formation des argiles écaillées, qui jouent un si grand rôle par rapport aux pétroles de l'Emilie. Ce terrain caractéristique de l'Apennin, qui doit son nom à la facilité de s'émietter en écailles minces, forme le substratum des dépôts tertiaires; ces argiles, ordinairement grisâtres mais parfois colorées en rouge et en vert par les oxydes de fer et de manganèse, manquent complètement de fossiles caractéristiques, de sorte qu'on les considèrerait comme une sorte de tuf, produit par des éruptions boueuses; cette hypothèse est écartée aujourd'hui, surtout d'après les études de M. Bombicci: on leur reconnaît une origine sédimentaire et stratifiée, tout en admettant qu'elles aient été le siège d'une puissante activité endogénique, qui est témoignée par les nombreuses émergences serpentineuses, parfois métallifères, et par les phénomènes de circulation hydrothermale.

La distribution des argiles écaillées est fort variable; elles abondent surtout dans la partie orientale de la zone en véri-

tables masses, donnant lieu parfois à des épanchements à travers les failles et les fractures des terrains superposés et à des coulées qui n'offrent aucunement l'allure régulière de la sédimentation; mais elles pointent pareillement dans la partie centrale et dans la partie occidentale de la zone, le long du cours supérieur du Parma, du Taro, du Chero, du Riglio et de la Trebbia, avec une allure moins mouvementée, et sont parfois associées à des calcaires marneux et à des schistes calcaires (1).

La nature pétrolifère des terrains de l'Emilie est décelée, indépendamment de l'utilisation des nappes, par les suintements, par les salses et les soufflards de gaz. Cette dernière forme d'indices est surtout caractéristique dans la région à l'est du Taro: les dégagements naturels de gaz, appelés *fuochi* ou *fontane ardenti*, sont fréquents dans les montagnes de Parme, de Reggio, de Modène et de Bologne, où ils forment les manifestations topographiquement les plus élevées de la zone; ils ont parfois un débit assez remarquable et on les utilise pour l'éclairage, pour la cuisson de la pierre à chaux et comme force motrice. Ces gaz, de même que ceux qui émanent des *macalube* de la Sicile, appartiennent à la série des hydrocarbures saturés, représentés par la formule $C_n H_{2n+2}$. La source gazeuse de Corniglio est un mélange de 63,9 pour cent de méthane et de 30,1 pour cent d'éthane: elle fournit près de 300 mètres cubes par jour; dans le gaz de la salse de Sassuno on a retrouvé des proportions notables, presque 18^o/₄, d'hydrure d'éthyle.

	AZ	CH ⁴	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
Barigazzo	1.81	96.61	—	1.58
Montecreto	1.22	98.25	—	0.53
Sassuolo	1.38	98.06	—	0.56
Pietra Mala	0.77	97.48	—	1.75
Bergullo	0.59	98.93	—	0.48
Riolo	1.64	97.35	—	1.01
Sassuno	0.39	80.60	18.87	1.14
Gaggio Montano	2.01	96.76	—	1.25

(1) SACCO F. L'Appennino dell'Emilia. — TRABUCCO G. Bacini petroliferi della provincia di Piacenza.

Nous reproduisons les résultats des analyses de quelques-unes de ces émanations, d'après les recherches de MM. FOUQUET et GORGEIX: (1)

La présence de l'hydrure d'éthyle, qui est caractéristique pour les sources pétrolifères américaines, dans le gaz de Sassuno avait porté MM. FOUQUET et GORGEIX à croire que difficilement on aurait des probabilités de recouper des gisements riches au pied de l'Apennin, hormis à Sassuno. Heureusement, les résultats obtenus à Velleia et à Montechino, où les soufflards présentent la composition des gaz des marais, ont prouvé que cette opinion était par trop absolue: d'ailleurs, des études plus récentes paraissent démontrer que le pétrole n'est point exclusif aux terrains qui donnent lieu à des émanations de gaz pauvres en carbone.

Il faut classer avec les émanations gazeuses les salses, qui donnent lieu non seulement au dégagement des gaz inflammables, mais aussi à des jets de boue et d'eaux salées sentant le pétrole. L'activité des salses a été parfois remarquable et quelques-unes d'entre elles, celles de Monte Gibbio et de Sassuno, par exemple, ont produit de véritables éruptions. Nous avons indiqué, sur la carte de la zone Emilienne, la position des principales de ces manifestations; les soufflards qui se dégagent le long des altitudes les plus élevées tracent la limite méridionale de la zone et ils se trouvent sur un alignement qui coïncide grossièrement avec le plissement méridional indiqué par M. PANTANELLI, tandis que le long du plissement septentrional on rencontre les salses accompagnées parfois de soufflards et les manifestations de pétrole; cette coïncidence est loin d'être casuelle: l'existence de deux alignements de manifestations a été remarquée depuis longtemps et elle a fourni, même par le passé, la règle principale pour le placement des sondages, mais les observations de M. PANTANELLI ont permis d'y constater un motif stratigraphique.

Les soufflards sortent des fissures de l'argile écaillée, tandis que les salses sont parfois groupées dans les terrains tertiaires les plus récents, et elles sont toujours en rapport avec l'argile écaillée qui se trouve à peu de profondeur.

Les suintements de pétrole sont très fréquents surtout le long

(1) MOLINARI F. *Combustibili industriali e petrolio*.—PAGANI U. *Sorgenti di petrolio nel Bolognese*. *Rassegna mineraria*, vol. XII.

des incisions profondes des ravins qui recourent des couches imprégnées, d'où le pétrole dégoutte; de même on observe souvent dans les flaques d'eau l'irisation caractéristique et de légers voiles d'huile surnageante: pour ce motif les dénominations de „Rio dell'Olio" (Ruisseau de l'huile) sont nombreuses, et à la présence du pétrole on doit les noms de quelques pays, tels que Ponte dell'Olio et Sassuolo.

Après ces données générales nous allons examiner les principaux sondages et les résultats que l'on a obtenus dans les recherches et dans les exploitations (1).

Les premières recherches ont été entreprises dans le thalweg des vallées; on n'était alors guère fixé sur les rapports qui se passent entre la stratigraphie et les gisements de pétrole; on plaçait les sondages dans les dépressions du terrain où l'on remarquait les suintements qui avaient donné origine au fonçage des anciens puits, dans le but de rejoindre au plutôt les nappes pétrolifères. Sans tenir compte des anticlinaux, dont on ignorait l'influence, on se préoccupait surtout de s'aligner sur la direction des manifestations dans le sens nord-ouest sud-est parallèlement au soulèvement des Apennins, sans se douter que les indices que l'on constatait le long des vallées étaient en rapport avec des lignes de fracture suivant les anticlinaux des plissements, dont la direction est à peu près normale à l'axe de soulèvement de la chaîne.

Les premières traces de gisements vers l'extrémité occidentale de la zone ont été fournies par les travaux entrepris dans la vallée de la Staffora, près de Rivanazzano, et plus exactement dans la localité Rile dell'Olio en 1881 et 1882. On y fonça différents sondages à une profondeur de 200 mètres en moyenne, sans dépasser, à ce qu'il paraît, les couches supérieures du tertiaire, en obtenant des venues considérables d'eaux salées contenant du pétrole; au commencement on en recueillit plusieurs barils par jour, mais par la suite la quantité de pétrole se réduisit à quelques litres, tout en continuant le débit des eaux salées bromo-iodiques, qui sont utilisées par les établissements thérapeutiques de Rivanazanno, de Salice et de Voghera.

A Montechiaro, dans la vallée de la Trebbia, on a développé,

(1) GABET E. *Relazioni sul servizio minerario* 1891-96.
 MAZZETTI L. *Id.* *Id.* *Id.* 1896-906.
 NICCOLI E. *Id.* *Id.* *Id.* 1891-97.

par le passé, une exploitation par puits ordinaires relativement active, dont on tirait une huile rougeâtre et dense; en 1881 on fit même quelques essais au trépan à de faibles profondeurs. On a entrepris récemment, tout près de Montechiaro, à Rallio, des recherches assez heureuses moyennant trois sondages qui ont traversé des couches argileuses, contenant des bancs de calcaire et de grès, tout à fait pareilles à celles qu'on a reconnues par les puits de Velleia et de Montechino, en recoupant de différentes nappes pétrolifères, dont les plus importantes, entre 230 et 280 mètres de profondeur, donnèrent, dans le courant de l'année dernière, près de 20.000 litres de pétrole.

La vallée du Riglio est en ce moment, grâce aux exploitations de Montechino, le centre le plus important de production de l'Italie; l'huile de Montechino, limpide, à reflets bleuâtres, recueillie par les puits ordinaires, était, par le passé, transportée à Ponte dell'Olio, dans la vallée de la Nure, où se concentrait le commerce des huiles de la localité. En 1856 on fonça un sondage de 240 mètres, mais le débit restreint que l'on obtenait, un demi-baril par jour environ, fit avorter l'entreprise. Des recherches plus encourageantes furent initiées en 1885-1891 par une douzaine de forages placés à Riglio, près du cours d'eau, dans la partie basse de la vallée, qui en ce point paraît être recoupée par un anticlinal qui se dessine plus en haut, à l'Acquapuzza. Ces sondages constatèrent des couches pétrolifères entre 60 et 250 mètres de profondeur, et on en obtint des débits variables, dont l'un atteignait même 2.000 litres par jour. Cette production ne tarda pas à faiblir considérablement et, malgré les résultats engageants que l'on avait obtenus, on ne reprit de nouvelles recherches qu'en 1899. On poussa alors, et toujours à Riglio, trois puits à des profondeurs de 375, 385 et 532 mètres, en traversant des couches de schistes argileux, de calcaires blancs et de grès durs, sans atteindre un véritable niveau productif, quoique l'on eût des manifestations fréquentes et remarquables de pétrole.

A la suite de ces résultats peu satisfaisants et à l'aide de considérations techniques sur la stratigraphie locale, on se porta dans la partie haute de la vallée, dans la localité Acquapuzza, à 3 kilomètres en amont de Riglio, sur l'alignement d'un bombement nettement prononcé de schistes argileux et de calcaires. Les coups de sonde que l'on a dirigés en cette localité ont été,

en général, fort heureux. Le premier forage de l'Acquapuzza donna, dès la première année, 25.000 litres de pétrole.

Les premiers sondages s'étaient arrêtés à moins de 200 mètres environ, en constatant différents horizons pétrolifères fournis avec une suite assez régulière: par les calcaires blancs intercalés aux argiles: les sondages successifs portèrent à la découverte d'une nappe bien plus importante à la profondeur de 400 mètres environ: par quelques-uns de ces forages on eut des jets jaillissants très énergiques de 6.000 litres de débit.

Cette nouvelle exploitation de Montechino ne tarda pas à se développer grâce à la régularité et à l'importance du gisement. Presque tous les sondages donnèrent des débits initiaux de quelques milliers de litres par jour, en se réduisant à la suite à des proportions moindres, entre 800 et 200 litres, qui se maintiennent cependant assez constantes: la production d'un puits parvint à 20.000 litres au premier jour de pompage, ensuite elle se maintint à 10.000 litres pendant longtemps. Même actuellement un puits fournit à lui seul une production journalière de 30.000 litres.

En 1905 on avait 21 puits en pompage, qui fournirent près de 5.000 tonnes de pétrole, ayant une densité moyenne de 0.785, c'est-à-dire près de 17.500 litres par jour: en 1906 la production atteignit près de 6.000 tonnes.

La mine de Velleia, dans la vallée du Chero, est en production depuis 1850; ce furent ses travaux qui firent ressortir l'importance des gisements pétrolifères de la région Emilienne, dont jusqu'alors les manifestations paraissaient indiquer plutôt une grande diffusion que des concentrations exploitables industriellement. Pendant ces 16 années la production n'a jamais chômé: elle a même atteint en 1895 une moyenne de 10.000 litres par jour fournis par 40 puits.

Au point de vue géologique on y trouve à peu près les mêmes terrains qu'à Montechino, c'est-à-dire les couches argileuses du tertiaire inférieur, avec des bancs de calcaire intercalés: les argiles blanches et grises y sont surtout en prévalence et offrent souvent de riches imprégnations, mais les stratifications n'ont pas la même régularité d'allure qu'à l'Acquapuzza: les terrains de Velleia sont fort disloqués, ce qui fait que l'on n'a jamais retracé des horizons pétrolifères bien déterminés; on a eu des puits qui donnèrent du pétrole à 70 mètres de profondeur,

tandis que d'autres ont été improductifs jusqu'à 250 mètres, sans tenir compte, bien entendu, des puits manqués: en général les puits recoupent des niveaux successifs plus ou moins fertiles que l'on utilise par des reprises alternées de pompage et de perforation. Une irrégularité tout aussi prononcée a été remarquée dans le résultat des forages: ainsi des sondages placés au centre d'un groupement de puits productifs se sont maintenus stériles: en moyenne le 50 pour cent des forages est résulté productif. On a eu des venues de pétrole remarquables surtout au début des travaux: un puits, entre autres, a fourni 50.000 litres en trois jours; mais les variations de débit ont été fort fréquentes et sensibles, car de nombreux forages ont faibli avec une grande rapidité, tandis que d'autres ont conservé pendant plusieurs mois une allure régulière de 4.000 litres par jour. Puisque ces faits se vérifiaient même sur la direction d'un anticlinal que l'on a reconnu dans la localité, on en a été amené à supposer que le champ pétrolifère est fractionné par des fractures étanches et normales à la direction de l'anticlinal. On a percé, à Valleia, jusqu'à ce jour près de 200 puits: la production, qui a marqué un maximum d'environ 3.500 tonnes en 1875, a atteint encore pendant l'année passée près de 1.700 tonnes.

La grande variabilité des horizons pétrolifères que l'on rencontre à Valleia décida les exploitants à pousser des forages à des profondeurs plus grandes que celles qu'on y atteint ordinairement; on entreprit en effet, en 1904, deux puits destinés à atteindre 1.000 mètres de profondeur. On se proposait de commencer les forages avec le plus grand diamètre pratiquement possible, de pousser le forage jusqu'à 500 mètres de profondeur moyennant le courant d'eau ascensionnel, sans se préoccuper de venues éventuelles de pétrole, et de continuer ensuite, par le système canadien, l'exploration des terrains jusqu'à 1000 mètres. L'un des puits fut en effet initié avec 0.60 m. de diamètre et on réussit à porter un tubage de 0.35 m. jusqu'à 211 mètres. A partir de cette profondeur on eut recours au courant d'eau et, dans le but de recueillir des échantillons plus volumineux des couches traversées, on jugea utile de changer l'allure du courant d'eau et d'injecter l'eau dans le tubage en la faisant sortir par les tiges creuses, mais par la nature argileuse des terrains ce procédé ne donna pas de bons résultats, à cause des obstruc-

tions continues du sinker; néanmoins, on arriva de la sorte à 512 mètres avec un diamètre de 10 pouces. On continua alors la perforation par la méthode usuelle à sec, en atteignant la profondeur de 906.10 mètres avec un tubage de 4 pouces, qui à cause des éboulements des couches argileuses ne put être enfoncé ultérieurement. Le résultat du forage fut négatif: l'on n'obtint que quelques litres de pétrole par une couche de calcaire à 535 mètres et des manifestations de gaz à 767, 869, 894 et 912 mètres. L'autre puits a été poussé jusqu'à 752.50 mètres et à cette profondeur on dut l'abandonner à la suite d'un accident causé par la rupture et l'écrasement de la colonne de 7 pouces; la réussite de ce forage fut tout aussi malheureuse, car on eut seulement de faibles manifestations gazeuses entre 658 et 720 mètres et une forte venue de gaz avec senteur de pétrole à 762 mètres. D'après ces résultats on s'est borné, à la suite, au fonçage rapide de puits à 300 mètres environ de profondeur, qui recourent la tranche productive de cette localité.

Au point de vue de la nature des terrains, ces forages ne donnèrent aucune indication nouvelle; on retrouva toujours ces mêmes couches argileuses à teintes variées, dont la série était seulement interrompue par quelques bancs de grès, mais plus souvent par des couches calcaires de faible épaisseur, d'où provenaient les rares manifestations que l'on a reconnues; l'insuccès de ces forages n'a pas été complètement dépourvu de conséquences techniques, puisqu'ils ont permis de constater la continuation des manifestations, toutes faibles qu'elles soient, à une profondeur remarquable et au-dessous des nappes exploitées par le passé.

A côté de la limite orientale de la mine de Velleia, dans la vallée du Chiavenna, on entreprit pareillement des recherches; on fonça plusieurs puits à des profondeurs de 400 à 500 mètres sans succès, en dehors d'un forage percé dans la localité Gli Arconi, qui donna des résultats très intéressants: ce puits recoupa à 321 mètres une couche de grès qui donna lieu à un jet de sable et de boue et qui permit de recueillir près de 2000 litres de pétrole; en continuant la perforation à travers les argiles verdâtres intercalées avec quelques couches minces de calcaire et de grès, qui fournirent environ 5000 litres d'huile avec de fortes venues d'eau, on eut à 591 mètres une forte manifestation de gaz pétrolifère accompagnée d'une éruption

de boue et de quelques litres de pétrole; les mêmes faits se renouvelèrent à plusieurs reprises jusqu'à la profondeur de 683 mètres, qui avait été atteinte à la fin de l'année passée.

Le territoire de Salsomaggiore, justement renommé par ses eaux salées, iodiques et bromiques, a donné lieu à bien des travaux importants. Le pétrole y est connu depuis longtemps, ainsi que l'indiquent les armoiries de la commune reconnues en 1226 par Frédéric II, portant une salamandre entourée de flammes. Le forage du puits *Trionfo*, entrepris à Salsomaggiore en 1884, obtint à la profondeur de 145 mètres un débit remarquable de pétrole et d'eau salée jaillissant d'un banc de sable. De nombreux sondages furent dès lors poussés dans le territoire de Salsominore, dont quelques-uns à des profondeurs de 670 et de 693 mètres; les résultats, au point de vue du pétrole, ne furent guère satisfaisants: on recoupa de différentes couches imprégnées, dont la plus profonde à 484 mètres, mais d'un rendement très faible. Ces sondages, même les plus profonds, ne dépassèrent pas le miocène. Le jaillissement du puits *Trionfo* continue encore et on en recueille, ainsi que des puits voisins, de petites quantités d'huile portées à jour par les eaux salées, avec le gaz qui est utilisé pour l'éclairage.

Près de Medesano, sur le penchant gauche du Taro, on utilisait des sources d'huile jaune et rouge provenant de l'imprégnation des marnes et des grès du miocène, qui ont été l'objet de concessions spéciales d'exploitation en 1400: on prétend même que l'huile de Medesano était utilisée pour l'éclairage de Parme et de Gènes. Probablement ces niveaux se sont épuisés, car par les sondages qui y furent entrepris, à la profondeur de 200 mètres environ, à différentes époques, on n'a pu obtenir de résultats conduisant à la possibilité d'une utilisation industrielle de ces niveaux, appartenant à la partie moyenne du tertiaire. Les mêmes couches marneuses et arénacées du miocène ont été sondées près d'Ozzano, sur la rive droite du Taro. On y fonça plusieurs puits, dont ceux qui furent percés en 1892-93 à la profondeur de 250 mètres environ recoupèrent des imprégnations assez engageantes, qui fournirent pendant quelques mois près de 2000 litres par jour; mais à la suite de circonstances indépendantes de toute considération technique, les travaux furent interrompus. En 1896 on entreprit sans succès deux autres sondages, qui ne dépassèrent guère la profondeur

des précédents: dès lors on se borna à la récolte des petites quantités d'huile fournies par le pompage des anciens puits. De nos jours on est en train de faire de nouvelles recherches.

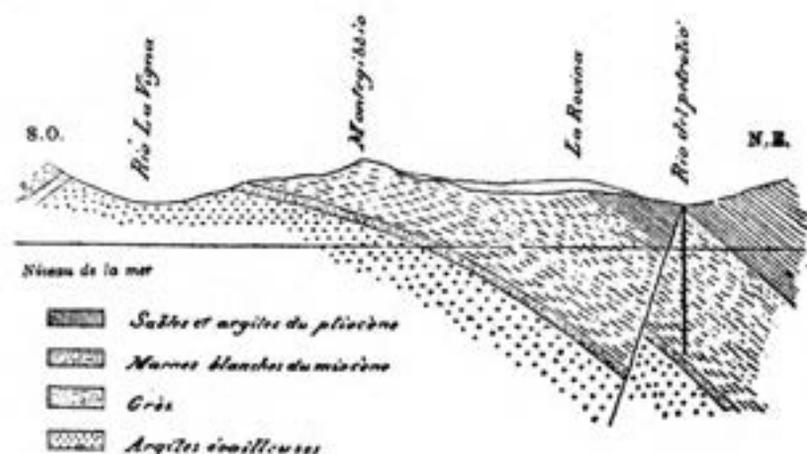
A Respiccio, à quelques kilomètres plus en amont, mais toujours sur la rive droite du même cours d'eau, un sondage, poussé à 476 mètres à travers les argiles et les marnes blanches, recoupa plusieurs manifestations gazeuses: à 476 mètres le forage pénétra dans une masse de gabbro qui fit arrêter la perforation à 515 mètres.

Dans la région située au sud-est du Taro il n'y a pas en ce moment de sondages productifs: les recherches y ont été moins actives que dans la partie nord-ouest de la zone que nous venons d'examiner; même on peut dire que dans le territoire compris entre le Taro et la Secchia, en dehors d'un forage entrepris à Neviano, où on exploitait par le passé une source d'huile jaune très appréciée pour les emplois thérapeutiques, l'activité des chercheurs a fait complètement défaut, quoique les manifestations soient nombreuses, telles que les sources de Marzolaro, de Scandiano, de Casalgrande et les soufflards de Traversetolo, de Canossa et de Corniglio.

Mais c'est surtout dans la partie orientale de la zone qui se déroule à l'est de la Secchia, où domine la formation des argiles écaillées, que l'on trouve des indices remarquables pour les considérations auxquelles ils donnent lieu. En toute cette zone les imprégnations des couches du tertiaire supérieur sont plus rares: les niveaux d'imbibition, situés à une faible profondeur, qui ont été le siège des anciennes exploitations par puits ordinaires, sont peu fréquents. Les indices les plus sensibles y sont fournis au sein des argiles écaillées, soit par les salses et par les suintements des terrains à mi-côte, soit par les soufflards qui s'alignent au long du marge le plus élevé de la zone. Les manifestations les plus évidentes apparaissent dans le thalweg des vallées et dans les ravins le long des pointements de sables et de grès, bien différents du grès ordinaire des assises tertiaires moyennes.

Tous les grès contenus dans les argiles écaillées sont plus ou moins imprégnés de pétrole: ainsi aux alentours de Monte Gibbio et de Monte Baranzone, à côté des fameuses salses de Sassuolo et de Nirano, on trouve plusieurs affleurements de sables coincés dans la masse argileuse sur l'alignement de frac-

tures grossièrement orientées du nord au sud, dont l'imbibition est tellement intense qu'elle a donné lieu à des exploitations par puits ordinaires; et même aujourd'hui on tire profit des sources naturelles d'où l'huile s'écoule accompagnée d'eaux salées. On entreprit à Monte Gibbio, en 1895, un sondage important dans les terrains indiqués par la coupe suivante, dressée par M. Niccoli.



D'après les suintements qu'offraient les marnes d'un petit ravin, disloquées par une faille, on fonça le puits à partir des terrains supérieurs dans le but de recouper quelque niveau pétrolifère: le sondage fut prolongé jusqu'à la profondeur de 670 mètres; on recueillit de bonnes traces, entre autres des plaquettes d'ozocérite, sans avoir dépassé les marnes blanches du miocène; à cette profondeur le puits fut abandonné, quoique le diamètre du tubage permit encore la continuation du sondage et malgré que, moyennant 30 ou 50 mètres de forage, il y eût la possibilité de recouper un banc de sable pétrolifère affleurant au contact des argiles écailleuses dans une vallée à côté creusée le long d'un anticlinal.

Les constatations sur des indices du même genre ont été faites dans le massif de Monte Falò, près de la vallée du Samoggia, en correspondance à un bombement des couches du tertiaire moyen, dont l'axe est dirigé vers le nord nord-est: on y observe un épanchement des argiles écailleuses qui ont amené à jour des roches appartenant à des assises plus anciennes,

telles que des psammites, des marbres, des serpentines, des diaspres : parmi cette masse charriée du fond, on trouve des égouttements de pétrole le long des ravis et des plaquettes d'ozocérite adhérentes aux blocs de calcaire ; on a entrepris, par le p s s é, quelques travaux principalement dans le but de rechercher l'ozocérite, qui se reproduit continuellement par les émanations pétrolifères et se concentre sur les roches de la surface. Cette cire est blanche, semi-transparente ; le pétrole est d'une teinte jaune vert et de densité supérieure à celle des autres pétroles de la zone Emilienne.

En cette intéressante localité on a récemment entrepris deux forages qui sont en cours d'exécution ; le plus avancé des deux au 31 décembre 1906 avait atteint 473 mètres de profondeur à travers la masse argileuse, recoupant seulement quelques blocs de calcaire et des veines de sable qui donnèrent lieu à de fortes émanations de gaz.

La partie en amont de la vallée du Reno, près des sources thermales de la Porretta, présente des dégagements imposants de gaz hydrocarbonés, à Recchio, à Gaggio Montano et le long de la berge du fleuve au Molinaccio ; les soufflards s'élèvent des fissures de l'argile écailleuse, dont la masse porte à jour des blocs de calcaire imprégné de pétrole.

A l'est de Bologne, les vallées de l'Idice, du Quaderna et du Sillaro offrent des données tout aussi convaincantes sur l'existence et sur la nature du gisement. Ce sont toujours des suintements de pétrole et des émanations hydrocarbonées se dégageant des sables et des mollasses, qui se trouvent parfois au contact des couches inférieures du miocène avec les argiles écailleuses, mais qui, le plus souvent, sont renfermées dans les argiles mêmes, le long d'une ligne de fracture qui sillonne la formation argileuse sur une direction normale à l'axe de soulèvement des Apennins. On peut suivre les traces de ces affleurements pétrolifères sur un parcours de 12 kilomètres environ en partant du ravin de Specchi Neri, sur la droite de l'Idice jusqu'au ravin de Rio Caniglio, sur la droite du Sillaro, en passant par la célèbre salse de Sassuno. Cet alignement recoupe le cours du Quaderna à peu près à son origine près de la localité Labrai, où les imprégnations pétrolifères ont été amenées à jour par le soulèvement de l'argile écailleuse, qui a déchiré

les couches arénacées et marneuses du miocène, donnant lieu à un anticlinal qui se prolonge vers l'Idice et le Sillaro.

Les recherches entreprises par le passé en ces localités ont été dirigées sans le guide d'une connaissance exacte des terrains : jugeant que les conditions étaient les mêmes que dans la partie ouest de la zone, où le pétrole imprègne les assises les plus récentes du tertiaire, on s'est borné à de petits sondages, dont quelques-uns, ayant recoupé des veines sableuses imbibées, ont donné près d'un millier de litres de pétrole. Il y a maintenant des travaux en cours d'exécution : près du vallon des Specchi Neri, sur la droite de l'Idice, on a entrepris un sondage qui mesurait, à la fin de décembre 1906, 430 mètres de profondeur ; d'autres forages seront prochainement commencés près de la localité Labrui et du Rio Caniglio, sur la droite du Sillaro.

Dans toute la partie orientale de la zone Emilienne le pétrole accompagne constamment les pointements de sables que les argiles écailleuses ont amenés au jour en correspondance avec grandes fractures perpendiculaires à l'axe du soulèvement de la chaîne des Apennins ; en dehors de ces directions, qui représentent de véritables lignes de pétrole, on ne retrouve que de rares manifestations de gaz et d'eaux minérales avec de légères traces d'huile.

La voie conductrice, le long de laquelle le pétrole vient à la surface en montant comme le long d'une mèche, selon l'heureuse expression de M. Niccoli, est représentée en général par un sable agglutiné et parfois par un grès consistant ; ce grès a été considéré comme appartenant au pliocène ; mais soit par la position qu'il occupe au sein de la masse argileuse, soit par ses caractères paléontologiques, il faut admettre qu'il est d'une époque plus ancienne et peut-être antérieure à celle de la formation de l'argile écailleuse. Le dépôt originaire du pétrole que ce grès amène à jour doit se trouver à la base de l'argile écailleuse et par conséquent à une profondeur remarquable. Ceci posé, il est aisé de s'expliquer les résultats insuffisants auxquels ont amené les recherches entreprises par les petits sondages, qui n'étaient pas installés dans le but de percer toute l'épaisseur de la masse argileuse ; de même on se rend compte de l'insuccès de l'important forage de Monte Gibbio, poussé à travers les couches du tertiaire supérieur, qui dans toute la

partie de la zone que nous venons d'examiner ne renferme pas d'horizons pétrolifères.

Les considérations que nous venons d'exposer ne sauraient se borner à la partie orientale de la zone, mais elles portent aux mêmes conclusions pour l'origine des gisements de la partie occidentale, car les terrains traversés par les sondages de Velleia, de Montechino et de Montechiaro, que l'on range à la partie inférieure du tertiaire, appartiennent au même horizon que les argiles écailleuses proprement dites, dont les pointements, ainsi que nous l'avons indiqué d'avance, ont été constatés en différentes localités de ces bassins pétrolifères.

Pour mettre en rapport les résultats fournis par les différents sondages que nous venons d'examiner, nous les avons reliés par une coupe parallèle à l'axe de soulèvement de la chaîne des Apennins (Pl. IV) et par une coupe transversale (Pl. V), en y reportant un classement d'ensemble des terrains, les nappes pétrolifères et les principales manifestations hydrocarbonées. Les couches du tertiaire supérieur ont fourni différents niveaux d'imprégnation, étagés à différentes profondeurs: ce sont les nappes exploitées par les anciens puits ordinaires et par les sondages de Rivanazzano, Salsomaggiore et d'Ozzano. Un autre faisceau de couches fertiles est contenu dans les bancs perméables de calcaire et de grès intercalés aux schistes argileux du tertiaire inférieur dans la partie occidentale de la zone.

L'étagement de ces niveaux pétrolifères offre parfois une certaine régularité, ainsi qu'à Montechino; tandis qu'ailleurs les couches imprégnées se succèdent irrégulièrement à la suite des dislocations plus ou moins marquées des terrains, qui ont été soulevés par la poussée des argiles écailleuses.

On remarque cependant que même dans les localités les plus fertiles, les niveaux pétrolifères font défaut au delà d'une certaine limite qui correspond à peu près à une profondeur de 400 à 500 mètres: au dessous de cette profondeur on n'a jamais recoupé, du moins jusqu'à ce jour, de nappes productives (quoique plusieurs sondages, ainsi que ceux de Salsomaggiore, de Velleia et de Gli Arconi, aient dépassé notablement la limite que nous venons d'indiquer), mais seulement des manifestations d'hydrocarbures gazeux et des indices de pétrole: cette circonstance, à première vue, paraîtrait indiquer que la pro-

fondeur de 400 à 500 mètres peut marquer la limite extrême au-dessous de laquelle cesse le terrain pétrolifère ; mais les considérations que nous avons exposées sur le siège probable des gisements en rapport avec la formation des argiles écailleuses cherchent à prouver que le gisement principal doit se trouver au-dessous de la masse argileuse et par conséquent les insuccès des sondages, qui malgré leur profondeur n'ont pas encore dépassé l'épaisseur des couches tertiaires inférieures, ne suffisent pas à prouver que la limite de la formation pétrolifère a été atteinte et dépassée. Et en effet, les sondages de Monte Falò et de Specchi Neri, poussés à travers la masse des argiles écailleuses, continuent à donner de sensibles dégagements de gaz pétrolifère et même les forages les plus profonds de Velleia et de la recherche Gli Arconi ont recoupé des manifestations de pétrole, ce qui tend à prouver que les origines hydrocarburées doivent se trouver au-dessous de la limite atteinte jusqu'à présent.

La tranche fertile qui est exploitée dans la partie ouest de la zone ne représente qu'une série de couches relativement perméables, qui manque totalement dans la partie orientale. Ces couches sont intercalées dans la masse argileuse, où se seraient condensés les produits de la volatilisation d'un dépôt primaire amenés par les failles et les lithoclastes qui ont accompagné le soulèvement de la formation. Les nappes exploitées jusqu'à ce jour appartiennent, à notre avis, à des dépôts secondaires qui se sont formés par migration du pétrole provenant d'un gisement originaire plus profond.

Quelle que soit l'origine que l'on veut attribuer au pétrole, organique ou minérale, il faut se réduire à admettre que le siège du gisement doit se trouver au-dessous du sédiment éocène ou crétacique de l'argile écailleuse.

Les partisans de l'origine minérale peuvent en effet reconnaître dans les manifestations hydrocarburées, ainsi que dans les sources salées et thermales dont la région fournit de si nombreux exemples, les traces et la continuation de cette activité intérieure qui a joué un rôle si important après la formation de la masse argileuse et dont le siège doit par conséquent se trouver au-dessous de la sédimentation ; d'autre part les conditions dans lesquelles cette sédimentation a dû avoir lieu (absolument contraires à toute vitalité organique au point

de lui attribuer une origine éruptive) ne permettent pas de retrouver au sein des boues argileuses un embient favorable au développement d'une faune capable de donner naissance aux dépôts pétrolifères.

C'est donc la base du flysch, ou, ce qui revient au même, le plan du contact inférieur de l'argile écaillée qu'il faudra percer pour arriver au gisement primaire, qui est probablement contenu dans ce grès poreux, dont nous avons les traces par les sables agglutinés que les crispations de l'argile écaillée ont injectés dans les fractures de la masse et qui amènent à jour le pétrole.

Ces conclusions concordent d'ailleurs avec les constatations que nous avons mentionnées au sujet des manifestations hydrocarburées que l'on retrouve dans les gisements solfifères de la Romagne, ou la formation miocénique a été éventrée par les soulèvements de l'argile écaillée : l'action réductrice des hydrocarbures, la présence du bitume dans les couches minéralisées et les émanations hydrocarburées qui viennent à jour à travers la masse argileuse se relient et se rattachent à une même souche, c'est-à-dire à l'existence de dépôts hydrocarburés au-dessous de la série des argiles écaillées.

Les considérations que nous venons de faire nous amènent à tirer une conséquence qui n'est pas dépourvue d'intérêt pour les recherches, c'est-à-dire qu'il n'est pas convenable de placer des sondages dans les terrains appartenant aux formations du tertiaire supérieur et moyen : ces forages pourront recouper quelque imprégnation secondaire, ainsi qu'à Rivanazzano, à Salsomaggiore et à Ozzano, mais ils ne pourront guère arriver aux nappes les plus profondes : même, en toute probabilité, ils risqueront d'aboutir à un insuccès analogue à celui que nous avons indiqué pour le puits de Monte Gibbio.

On peut, au contraire, affirmer d'une façon générale que les terrains inférieurs de la zone offrent une plus grande chance de réussite. A cet égard, nous devons observer que, quoique l'on possède des travaux géologiques importants pour les différentes localités pétrolifères, la région dont nous parlons manque encore d'une carte détaillée qui relie entre elles les positions des différents terrains. Une étude dressée exclusivement au point de vue du pétrole et qui reproduise les conditions stratigraphiques de la zone paraît désormais indispensable, sans

quoi les recherches continueront à se faire par tâtonnements.

L'existence d'un gisement à la base de la formation argileuse nous paraît hors de doute; il paraît aussi assez vraisemblable que le gisement ne doit pas être dépourvu d'importance, à en juger par les dépôts secondaires qui sont en exploitation et par le nombre et le caractère des manifestations que l'on trouve sur toute la zone.

M. PETIT dans son récent ouvrage (1), après avoir examiné les modestes conditions de production de nos mines et les faibles résultats des recherches, conclut en ces termes:

„Mais cela ne veut pas dire que l'Italie soit appelée à rester „le pays pétrolifère du monde produisant le moins de pétrole“.

Cette déduction nous paraît rendre exactement la situation. La détermination des lignes de fracture, des plissements, des anticlinaux et des sinclinaux, qui sont strictement liés, ainsi que nous l'avons vu, aux manifestations reconnues, présente sans doute une importance remarquable pour la recherche des gisements secondaires; mais pour percer le gisement primaire, la condition essentielle au placement des forages consiste dans la détermination de la moindre puissance relative au recouvrement argileux: cette évaluation est loin d'être aisée, mais elle n'est pas moins intéressante et devrait, à notre avis, former le point de départ des recherches futures.

Jusqu'à ces dernières années, les sondages mécaniques étaient actionnés par des locomobiles et on utilisait, le cas échéant, les dégagements de gaz de puits comme combustible. A la suite de quelques accidents occasionnés par l'allumage de gaz, on a supprimé les moteurs à feu nu; on emploie maintenant des moteurs à gaz, pour lesquels on se sert soit des gaz naturels, soit des générateurs placés à une distance convenable des puits; des prescriptions de sécurité ont été imposées pour l'éclairage de l'intérieur des derryks et pour éviter l'allumage instantané des gaz par les étincelles que peuvent déchoquer les pièces de l'outillage; des précautions spéciales sont pareillement adoptées pour les puits jaillissants.

Les forages se font, en général, par trépan excentriques manœuvrés au moyen d'une glissière reliée aux tiges métalliques; parfois on emploie des bouts de câble intercalés aux tiges.

1) Guide du sondeur de pétrole.

Le procédé de forage par courant ascensionnel a été suivi en 1887 pour les sondages d'Ozzano par le système Fauvelle à rotation: un procédé analogue y est adopté pour les recherches que l'on vient de renouveler en cette localité. Le curage à courant d'eau a été pareillement employé à Velleia et à Montechino, avec une disposition spéciale de battage (brevet Clère-Votel), qui supprime le balancier en le remplaçant par un plateau soutenu par des ressorts sur un plan horizontal, qui reçoit un mouvement alternatif dans le sens vertical moyennant deux bielles; la colonne des tiges, que l'on peut rendre à volonté solidaire au plateau, reçoit de la sorte un mouvement vertical assez rapide, qui détermine une série de chocs au fond du puits. L'extrémité des tiges creuses est pourvue d'un trépan portant deux ouvertures pour donner passage à l'eau qui est injectée à l'intérieur des tiges par une pompe placée au jour et qui remonte en soulevant les boues produites par la perforation; les tiges sont équilibrées par un contre-poids fixé aux bielles motrices, afin d'obtenir un effort moteur uniforme et fort réduit.

Le curage par courant ascensionnel présente, comme on sait, l'inconvénient de masquer les manifestations de pétrole: aussi ne l'emploie-t-on que dans les cas où l'on veut atteindre une profondeur déterminée, sans se préoccuper des indices que l'on peut recouper le long du forage, ainsi que l'on fit à Velleia, ou bien pour les perforations qui doivent être poussées à travers des couches stériles, telles que les morts-terrains qui séparent à Montechino les niveaux productifs.

Les données concernant la production de l'Émilie pendant ces dernières années résultent des tableaux de la production générale en déduisant de ces chiffres le débit très restreint des sources et des puits de Tocco Casauria.

La production du pétrole en 1906 s'éleva à 7411 tonnes, fournies par 9 mines-recherches, mais la presque totalité provient des mines de Velleia (1683 tonnes) et de Montechino (5661 tonnes); le résidu, c'est-à-dire près de 70 tonnes, représente le débit des recherches de Montechiaro et de Gli Arconi et des puits d'Ozzano et de Salsomaggiore.

La réussite des exploitations de Montechino ne resta pas sans effet pour le développement de l'industrie du pétrole. La „Société Française des pétroles“ et la „Société des pétroles de

Montechino⁴, qui exploitaient les mines de Velleia et de Montechino, se réunirent et formèrent la Société „Petroli d'Italia“ ; d'autres associations industrielles ont été constituées pour commencer des travaux d'exploration et de nombreux permis de recherche qui, selon les législations minières ayant cours dans les provinces de l'Emilie, représentent la première phase administrative de la découverte et de la concession des mines. furent accordés dans la région.

Les exploitations et les recherches en cours d'exécution en 1905 appartenaient aux raisons suivantes :

MM. Curletti e Anselmi. — Piacenza.

Società Italiana dei Petroli. — Piacenza.

Società Nazionale dei Petroli e delle Paraffine. — Piacenza.

Società Petroli d'Italia. — Fiorenzuola d'Arda.

Società delle Terme Magnaghi. — Salsomaggiore.

The Italian Petroleum Concessions. — Collecchio.

M. Arturo Uccelli. — Parma.

Società Emiliana dei Petroli. — Bologna.

Au point de vue de la qualité du pétrole, les gisements de l'Emilie offrent une grande variété. On trouve en effet des huiles de teinte claire à Velleia et à Montechino, de teinte jaune-ambéré, à Rivanazzano, à Miano, à Neviano, à Montegibbio, à Rio Caniglio, à Sassuno, tandis que l'huile de Monte Falò est jaunâtre et celle de Salsomaggiore vert-foncé, presque noire. Ces différences, d'ailleurs, se retrouvent dans une même localité suivant la succession des couches ; ainsi, les anciens puits de Miano récoltaient du pétrole-rouge brun à 20 mètres de profondeur et du pétrole jaune-ambéré au-dessous de 50 mètres, par un forage de Montechino on a constaté les variations suivantes :

A. m.	23.00	pétrole blanc	(790°-B)
„	23.50	„ rouge-foncé	(822°-B)
„	27.50	„ jaune	(850°-B)
„	107-116	„ jaunâtre	(765°-B)
„	135-142	„ jaune	(785°-B)

D'après une analyse faite à Bologne en 1895, l'huile de Monte Falò, ayant la densité de 0.849 à + 15° avec une légère senteur bitumineuse, a donné par la distillation fractionnée les résultats suivants :

Hydrocarbures légers à 0.710 (benzines)	13 pour cent
Huiles lampantes à 0.822	68 "
Huiles de graissage	12 "
Hydrocarbures en partie solides (paraffines)	3 "
Goudron et pertes	4 "

La partie solide a fourni à son tour :

Huiles de graissage	25 pour cent
Paraffine brute	60 "
Résidus et pertes	15 "

En résumant théoriquement les différents produits que ce pétrole pourrait fournir, on parvient aux moyennes indiquées ci-dessous :

Benzenes	10 pour cent
Huiles lampantes	65 "
Huiles de graissage	10 "
Paraffine	8 "
Résidus et pertes	7 "

L'huile de Salsomaggiore présente la composition suivante(1):

Densité	0.820
Benzine.	2 pour cent
Huiles lampantes	50 "
Résidus et goudron	48 "

Les huiles de Monte Falò et de Salsomaggiore n'offrent cependant pas le type du produit courant qui est fourni par les gisements en exploitation: à cet égard nous jugeons intéressant de donner les analyses des huiles d'Ozzano et de Velleia que nous a fournies l'obligeance de M. CLÈRE, administrateur délégué de la Société „Petroli d'Italia“ et les analyses de l'huile de Montechino reproduites par M. ALBERTO DEL PRATO (2), professeur à l'Université de Parme.

1) DALLA ROSA G. *Il Petrolio in Italia*.

2) DEL PRATO A. *Petroli ed emanazioni gasose*.

PÉTROLE DE VELLEIA

Distillation fractionnée par dixième de volume.

Fraction	Température	Poids spécifique à 15°
1 ^e	38°-88°	0.7038
2 ^e	88°-103°	0.7450
3 ^e	103°-111°	0.7580
4 ^e	111°-125°	0.7680
5 ^e	125°-133°	0.7753
6 ^e	133°-150°	0.7845
7 ^e	150°-172°	0.7989
8 ^e	172°-198°	0.8123
9 ^e	198°-248°	0.8346
10 ^e Résidu à	300°	0.8667
Pétrole brut		0.7849

PÉTROLE D'OLLANO

Distillation fractionnée par dixième de volume.

Fraction	Température	Poids spécifique à 15°
1 ^e	48°-96°	0.7340
2 ^e	96°-103°	0.7531
3 ^e	103°-120°	0.7642
4 ^e	120°-130°	0.7710
5 ^e	130°-150°	0.7820
6 ^e	150°-185°	0.8130
7 ^e	185°-212°	0.8383
8 ^e	212°-245°	0.8650
9 ^e	245°-300°	0.8919
10 ^e Résidu à	300°	0.9348
Pétrole brut		0.8172

PÉTROLE DE MONTECHINO

1. Densité=0,7765; commencement de l'ébullition à 90°.

Distillation fractionnée		Poids spécifique
A 100°	4.48	0.707
" 130°	15.58	0.726
" 150°	16.00	0.751
" 180°	15.43	0.767
" 210°	21.00	0.794
" 250°	11.90	0.821
" 300°	10.00	0.850
Jusqu'à 150°	Benzine 36.06	
A partir de 150° à 300°	Pétrole 58.93	
Au-dessus de 300° et pertes.	5.01	

2. — Densité 0,7755; commencement de l'ébullition à 85°

Distillation fractionnée		Poids spécifique
A 100°	6.68	0.708
" 130°	17.59	0.731
" 150°	14.03	0.756
" 180°	15.92	0.773
" 210°	18.80	0.794
" 250°	13.21	0.822
" 300°	7.3	0.854
Jusqu'à 150°	Benzine 38.30	
A partir de 150° à 300°	Pétrole 55.66	
Au-dessus de 300° et pertes	6.04	

M. BALBIANO (1), par ses intéressantes recherches sur les pétroles de l'Emilie, a pu nettement établir les analogies de ces produits avec les pétroles russes. En examinant la teneur en huiles légères, il en a conclu que le pétrole de Velleia est le plus riche en produits qui distillent au-dessous de 150°, puis-

(1) BALBIANO L. Ricerche sui petroli italiani. Gazzetta chimica, 1902.

qu'il en contient 54.4 pour cent, tandis que le pétrole d'Ozzano et de Salsomaggiore en fournit 38.8 et 27.5 pour cent.

En effet, les huiles de Velleia et de Montechino donnent environ 50 à 60 pour cent de pétrole et 40 pour cent de benzine.

Le raffinage des pétroles émiens se fait par deux établissements, dont l'un à Fiorenzuola d'Arda, appartenant à la Société „Petroli d'Italia“, traite presque exclusivement le produit des mines de Velleia et de Montechino; l'autre, installé à Borgo San Donnino par MM. Rocca et Baratti, raffine les produits des mines secondaires.

Jusqu'au 21 mars de l'année courante, le raffinage du pétrole était frappé d'un impôt spécial de 100 livres par tonne de produit raffiné; cette taxe et le droit d'entrée de 480 livres par tonne de pétrole brut excluaient la possibilité économique du raffinage du pétrole étranger; à partir du 21 mars 1907 le droit d'entrée a été réduit à 240 livres par tonne et l'impôt de raffinage a été aboli.

La production des raffineries que nous venons d'indiquer résulte du tableau suivant:

<u>Années</u>	<u>Pétrole Tonnes</u>	<u>Benzine Tonnes</u>
1904	2528	629
1905	3984	1063
1906	5282	2016

3. — LÉGISLATION MINIÈRE ET DOUANIÈRE

Législation minière. — Le régime minier de l'Italie, en ce qui concerne la propriété des gisements, est loin d'être uniforme: les lois qui réglaient les droits d'exploitation pour les différents Etats avant l'unification du royaume subsistent encore, en grande partie, aujourd'hui.

La propriété minière n'est pas séparée de la propriété de la surface pour le territoire qui correspond à l'ancien Grand Duché de Toscane; par l'arrêté du 13 mai 1788, la recherche et l'exploitation des gisements de toute sorte, hormis les gites de minerai de fer de l'île d'Elbe et de Piombino, y est libre à chacun dans les terrains de sa propriété, ou dans les terrains d'autrui, moyennant le consentement du propriétaire, sans qu'il

soit nécessaire de se pourvoir de l'autorisation du gouvernement.

Les privilèges du propriétaire du sol sont encore reconnus, quoique d'une façon moins absolue, pour les provinces faisant partie du ci-devant royaume de Naples, par la loi du 17 octobre 1825. Les bitumes, et par conséquent les pétroles, peuvent être exploités librement par le propriétaire du sol, directement ou au moyen d'autrui, sans concession spéciale; mais, dès que l'existence du gîte a été reconnue, si le propriétaire du sol a laissé passer un terme convenable qui lui a été assigné, sans entreprendre ou faire entreprendre l'exploitation, le gouvernement peut adjudger la concession de la mine à ceux qui la demandent et qui prouvent posséder les moyens nécessaires pour l'exploiter. Dans ce cas, le concessionnaire est tenu de passer au propriétaire du sol une prime. Un arrêté royal du 3 octobre 1875 fixe à six mois le terme que l'on doit assigner au propriétaire pour la mise en exploitation et établit les modalités à suivre pour les demandes de concession et leur adjudication.

Les anciens Etats Pontificaux et le territoire faisant partie du domaine de la Maison d'Este n'avaient pas de code minier proprement dit; les mines de tout genre appartenaient exclusivement à l'Etat et les droits d'exploitation étaient délivrés par des concessions spéciales. Le gouvernement italien s'abstient de jouir de cette propriété absolue; pour les provinces des Marches a eu lieu la promulgation de la loi Sarde-Lombarde du 20 novembre 1859, dont nous nous occuperons plus loin; pour les autres provinces cette même loi y est pratiquement suivie.

Le principe du domaine absolu de l'Etat avait été de même établi pour l'ancien Duché de Parme et de Plaisance par la loi du 21 juin 1852, qui range les eaux minérales et même les hydrocarbures gazeux parmi les substances minérales dont l'Etat se réserve le droit d'exploitation ou de concession; c'est à ce dernier système que le gouvernement italien se tient exclusivement, de sorte que, au point de vue de l'application, la loi de Parme rentre dans la catégorie des régimes miniers par concession; nous y reviendrons par la suite.

En dehors des lois qui se basent sur les principes absolument opposés des droits exclusifs de la propriété superficielle ou de l'Etat, il faut classer les régimes qui reconnaissent aux mines le caractère de biens publics dont l'Etat régit la recherche, la

concession et l'exploitation; les pétroles n'y sont pas nettement indiqués, mais ils sont compris sous la désignation de bitumes, qui rentrent dans le nombre des minéraux dont l'exploitation n'est pas libre.

Ce type de législation minière comprend les lois suivantes:

La loi Napoléonienne du 8 août 1808.

La loi de Lucques du 3 mai 1847.

La loi Autrichienne du 23 mai 1854.

La loi Sardo-Lombarde du 20 novembre 1859.

La loi Sardo-Lombarde du 20 novembre 1859, qui règle la propriété minière pour le Piémont, la Ligurie, la Sardaigne, la Lombardie et les Marches, est sans contredit la plus favorable au développement de l'industrie; c'est à cette loi que le gouvernement italien se rapporte non seulement dans les régions où les mines appartiennent à l'Etat, mais aussi, à défaut de dispositions spéciales, pour l'application des autres lois.

Par la loi Sardo-Lombarde les mines ne peuvent être exploitées qu'à la suite d'une concession royale; la concession donne lieu à une propriété perpétuelle, transmissible, indivisible sauf l'autorisation du gouvernement et indépendante de la propriété superficielle. La loi ne reconnaît que les recherches faites avec la permission du gouvernement; elles peuvent être entreprises même si le propriétaire du sol refuse son consentement, mais le permissionnaire est tenu de rembourser tous les dégâts apportés par les travaux de recherche. Les permis de recherche ont la durée de deux ans et ils peuvent être prolongés pour une année; la découverte de la mine doit être constatée par le gouvernement. Chacun peut obtenir la concession d'une mine, pourvu qu'il possède les conditions pour l'exploiter; le permissionnaire ayant donné lieu à la découverte de la mine est préféré; mais s'il ne dispose pas des moyens nécessaires à l'exploitation la concession est adjugée à un autre que lui, il a droit à une prime qui sera fixée par l'acte de concession. Les permis de recherche sont délivrés gratuitement; pour les concessions il y a lieu à une redevance annuelle de 50 centimes par hectare, et elles peuvent atteindre une surface de 400 hectares. La concession peut être révoquée, si les travaux ne sont pas repris après deux années d'abandon.

Les autres lois que nous venons d'indiquer s'appuient sur les mêmes idées pour ce qui concerne le caractère des concessions,

les droits des propriétaires du sol et la constatation de l'exploitabilité de la mine; mais elles en diffèrent sur certains points ayant trait aux modalités des permis de recherche et des concessions.

Ainsi, par la loi Napoléonienne du 8 août 1808, les travaux de recherche sont libres pendant six mois; après ce terme la continuation des travaux dépend de l'autorisation du gouvernement, s'il n'y a pas lieu d'obtenir la concession de la mine. L'étendue des concessions peut atteindre 2000 hectares; la durée ne peut dépasser 50 ans, mais les concessions peuvent être renouvelées. Il y a lieu à la déchéance si les travaux d'exploitation ne sont pas entrepris dans les quatre mois de la date de la concession, s'ils sont interrompus pendant six mois et dans le cas où ils ne seraient pas conduits d'une façon satisfaisante.

Quant à la loi de Lucques et à la loi Autrichienne, ce n'est pas le cas de s'y arrêter, car elles ne présentent guère d'intérêt pour l'industrie des hydrocarbures.

Revenons plutôt sur la loi de Parme. Les permis de recherche y ont six mois de durée, mais ils peuvent être prolongés. Dans les concessions il y a droit de préférence pour le permissionnaire en premier lieu et ensuite pour le propriétaire du sol. Le concessionnaire est tenu de payer à l'Etat une redevance annuelle qui ne peut être au-dessous du 5 pour cent du produit net de la mine et au dépôt d'une somme à titre de caution. L'étendue des concessions n'est pas fixée; la durée est temporaire, mais il y a lieu au renouvellement. Un retard de trois mois à l'entreprise des travaux, les interruptions et la conduite non satisfaisante de l'exploitation peuvent amener la déchéance de la concession.

Tels sont les points essentiels des différents régimes miniers pour avoir une connaissance plus complète des questions de détail on pourra consulter les publications officielles suivantes:

Repertorio delle miniere, serie 2^a, volumi I e II.

Rivista del servizio minerario per l'anno 1883.

La distribution des régimes miniers par rapport aux principaux bassins asphaltiques et pétrolifères peut être résumée comme suit:

La loi Napolitaine règle la propriété minière pour la Sicile et pour les provinces de l'Italie méridionale, dont font partie

la vallée du Pescara et la Terre de Labour, à laquelle appartient le cours inférieur du Liri.

La partie haute de la vallée du Liri comprise dans la province de Rome est soumise au régime de la loi Sardo-Lombarde.

La zone Emilienne est partagée sous les dispositions minières suivantes :

a) la loi Sardo-Lombarde pour la partie occidentale entre la Staffora et le Tidone ;

b) la loi Parmesane pour les territoires compris entre le Tidone et l'Enza ;

c) la loi Napoléonienne à partir de l'Enza jusqu'au Panaro ;

d) la loi Sardo-Lombarde pour la partie restante de la zone.

Aux dispositions qui règlent la propriété minière il faut ajouter la loi du 2 juillet 1896, qui range les œuvres et les occupations des immeubles nécessaires pour le dépôt et le transport des matières tirées des excavations, pour le transport des matériaux nécessaires à l'exploitation et pour l'installation des appareils et des fours destinés à la préparation et au traitement des minerais parmi celles qui peuvent être déclarées d'utilité publique.

Tout ce qui concerne la conduite des travaux au point de vue de la sécurité forme l'objet d'une législation uniforme par la loi du 30 mars 1853 et le règlement du 10 janvier 1907.

Législation douanière. — Le régime douanier est réglé par la loi du 26 janvier 1896 et du 21 mars 1907.

Les asphaltes et les bitumes sont frappés d'un droit d'entrée de 5 livres par tonne.

Dans la catégorie des huiles minérales, le tarif des droits d'entrée distingue séparément les huiles lourdes des autres ; sous la dénomination d'huiles lourdes le tarif range les huiles destinées au graissage, à la production du gaz d'éclairage, à la préparation de la jute dont le poids spécifique est au-dessus de 0.875, qui ne peuvent être employées ni isolément ni après mélange pour l'éclairage par lampes ordinaires.

Les huiles lourdes sont soumises à un droit d'entrée de 8 livres par quintal.

Pour les autres huiles minérales, et par conséquent pour les pétroles, le droit d'entrée est de 24 livres par quintal.

Les droits d'entrée sont perçus sur le poids net pour les huiles minérales qui sont soumises à un droit d'entrée au-dessus

de 20 lires par quintal ; le poids net est établi par l'arrêté royal du 17 avril 1907 en déduisant pour chaque 100 kg. de poids brut les tares suivantes :

Pour les barils en tôle ou en bois cerclés de fer	kg. 15.00
Pour les caisses en bois contenant deux récipients en fer blanc . . .	9.50
Pour les récipients en fer blanc	2.50
Pour les dame-jeannes et les récipients analogues	8.00

La loi du 3 juillet 1904 donne faculté au gouvernement de réduire jusqu'à un minimum de lires 6.50 par quintal le droit d'entrée de certaines qualités déterminées d'huiles minérales brutes et de résidus d'huiles minérales qui doivent être employées à titre d'essai pour les utiliser comme combustibles et pour la carburation du gaz pauvre.

FÈRES ET ASPHALTIQUE

ALÉE DU DESCADA

E T U D E
SUR LES GISEMENTS DE PÉTROLE, BITÛME
ET ASPHALTE DU BASSIN DU LIRI DANS L'ITALIE
MÉRIDIONALE (FROSINONE-CASERTE)

PAR
CELSO CAPACCI

Le bassin du Liri et de son affluent principal Sacco comprend une partie de la Valle latina et de la „Terra di lavoro“, qui s'étend entre Frosinone et Gaete, dans l'Italie méridionale.

Ces deux vallées principales sont formées par les chaînes montagneuses des Ernici, du Monte Cairo, des Lepini et des Ausonii, qui atteignent des hauteurs de 1000 à 2000 mètres et sont parallèles aux Apennins.

La vallée du Sacco est traversée par la voie appienne et par le chemin de fer de Rome à Naples. La partie supérieure de la vallée du Liri est longée par le chemin de fer de Roccasecca-Avezzano.

I

APERÇU GÉOLOGIQUE

La géologie du bassin du Liri a été étudiée vers le milieu du siècle dernier par PONSÌ, MONTOVANI, RILLA COSTA TENORE et dans ces derniers temps par ZEZI, CACCIAMALI, VOLA, DI STEFANO CASSETTI. Nous rappellerons ici seulement une esquisse générale.

A. Crétacé.— Les chaînes montagneuses des Ernici de

Montecairo, des Lepini et des Ausonii, sont formées en grande partie par des assises calcaires du crétacé supérieur, plus spécialement Urgoniens et Turoniens

Les calcaires urgoniens sont généralement cristallins blancs, parfois jaunâtres ou bleuâtres. Souvent ils sont magnésiens, passant tantôt à des véritables dolomies. Leur caractéristique lithologique est la présence de la glauconie, qui souvent se présente sous forme de veinules argileuses recoupant le calcaire, plus rarement parsemée dans la masse calcaire, lui donnant alors une légère coloration verdâtre.

Ces calcaires ont un aspect et une constitution très variés, ce qui leur a fait donner des noms très différents. En effet, ils se présentent souvent sous forme de dyques ou filons bréchiformes, qui constituent le siège classique des gisements d'asphalte, et s'appellent alors breccia. D'autres fois le calcaire est grenu, à petits éléments, et s'appelle arena. Enfin souvent il est farineux, surtout quand il est magnésien, et il prend le nom de stucco.

Cette roche farineuse se trouve en gisements assez importants en plusieurs endroits de la région, tels qu'à Arpino, Colle San Magno, Cassino, Cervaro, Roccasecca, et dans la partie supérieure du bassin, à Atina, Alvito, San Donato et ailleurs. Elle est susceptible d'applications variées à cause de sa blancheur et de sa finesse. Elle est surtout employée pour la préparation du mortier donnant avec la chaux blanche des enduits d'une blancheur éclatante.

Les fossiles caractéristiques des calcaires Urgoniens sont les Sphaerulites, les Caprotines (*Caprina*, *Requiena* et *Toucasie*) et les Rudistes (Hyppurites).

Ces derniers fossiles se rencontrent parfois en une abondance telle qu'ils forment de véritables brèches de Rudistes.

L'on connaît plusieurs exemples de ce fait comme à Terracina, Piperno et dans d'autres localités des Ausonii et des Lepini.

En effet, l'habitus de ces animaux est de se grouper par colonies, ce qui explique leur abondance excessive localisée à certains endroits dans les Lepini surtout et leur absence dans d'autres zones (les Ernici par exemple). Le fait de colonies si importantes peut être mis aussi en relation avec la genèse des gisements d'hydrocarbures.

Les calcaires Turoniens sont généralement plus compacts que ceux de l'Urgonien. Ils sont blancs, parfois brechiformes, souvent magnésiens. Leurs fossiles caractéristiques sont les Actaeonelles, les Nérinées et les Hyppurites.

B. *Paleogène*. — Adossés aux calcaires crétaciques l'on voit s'aligner des chaînes de collines de moindre importance formées par les assises tertiaires.

L'éocène commence à se montrer avec des brèches à petits éléments et des Calcaires blancs à Nummulites et Pectens qui ont un certain développement à Ceccano et au sud de Frosinone, à Ferentino et au Colle della pece.

Vient ensuite la grande formation du Grès arenacé, qui occupe une extension considérable dans la vallée du Sacco et forme les collines où sont bâtis les villes et villages de Anagni, Ferentino, Frosinone, Torrice, Ripi, et le grand haut plateau qui de Frosinone descend à Ceccano sur une longueur de 12 kilom.

Sur ce grès viennent reposer par endroits des schistes argileux que l'on reconnaît dans le Liri supérieur (Brocco), dans les collines de Arpino et dans celles de San Giovanni Incarico.

L'oligocène est représenté par un calcaire marneux à Pecten et Globigerines, qui apparaît à Colle Morone, à Castelluccio et qui montre un certain développement dans la vallée de l'Amaseno, où il est souvent bituminifère et forme un des meilleurs gisements d'asphalte de cette localité.

C. *Miocène*. — Le miocène n'a pas un grand développement dans la vallée du Sacco, où l'on voit les travertins quaternaires reposer directement sur les grès de l'éocène supérieur.

Dans d'autres parties, au contraire, les marnes et mollasses miocéniques présentent des étendues considérables, ainsi qu'à Ripi, à Strangolagalli, à l'Amaseno et à San Giovanni Incarico, où elles sont pétrolifères et bituminifères.

D. *Pliocène*. — Le pliocène présente dans le bassin du Liri une plus vaste étendue que le miocène. Il prend un certain développement dans le bassin du Liri central, entre Sora et Ceprano, et dans le grand bassin d'Aquino.

La série de roches qui caractérisent ce terrain commence à la base par les marnes argileuses bleues fossilifères

rapportables au Messinien; puis par les sables jaunes subapennins caractéristiques de l'Astien; et à la partie supérieure par les mollasses, poudingues et graviers qui constituent le Villefranchien. Les marnes et mollasses bitumineuses de la vallée de l'Amaseno, près de Monte San Giovanni Campano, ont un intérêt industriel.

E. Quaternaire. — A l'époque quaternaire la région du Liri était occupée par une série de bassins lacustres étagés correspondant aux vallées du Sacco, de Alatri, de Sora, de Cassino et de Alvito.

Les dépôts correspondants à cette époque sont des marnes lacustres fossilifères, des conglomérats calcaires et siliceux et la grande formation des travertins qui occupent des étendues considérables dans la vallée du Sacco et du Liri.

Les terrains alluviaux font suite aux travertins et occupent de vastes étendues du sol des bassins déjà nommés.

Dans ces dépôts marneux, argileux et sableux l'on rencontre des restes de mammifères (*Sus*, *Antilopes*, *Hyaena*, *Equus*, *Rhinoceros*, *Bos*, *Cervus*, *Hyppopotamus*, *Elephas*) qui font leur apparition surtout à Cassino, Ceprano, Pontecorvo, Aquino, Roccasecca.

Grottes et cavernes. — Aux grands massifs calcaires correspondent toujours des grottes et cavernes et les montagnes des Lepini et des Ernici nous en offrent de bien remarquables.

Ainsi la Grotte de Collepardo décrite par SEMBONI et reproduite par les belles images de BOSCOMI mérite une visite. Il faut citer aussi les entonnoirs de Compocchino et du Pozzo Santullo non loin de Collepardo: les cavernes de Fontana Liri et d'Arpino les Fosses d'Alvito, le Pertuso de Pastena et bien d'autres.

Sources d'eau. — Tout autour des massifs montagneux calcaires l'on rencontre des sources d'eau abondantes, et dans la région qui nous intéresse ces sources ont une grande importance et donnent naissance à des torrents et rivières d'une portée considérable, tel que le Liri, le Melfa et autres.

Les eaux minérales se rencontrent très fréquemment dans la région et il suffit de citer la source de Fiuggi près d'Anticoli Campano, bien connue depuis les temps de Pline: les

Acque Ferentine près de Ferentino citées par Tite Live, la Fonte Olente étudiée par BACCELLI: l'acqua puzza (sulfureuse) près de Castro dei Velsci et bien d'autres sources pétrolifères et bituminifères.

Volcans. — La formation volcanique présente un intérêt tout particulier dans la vallée du Sacco, où l'on rencontre une série de petits volcans auxquels Ponzi donna le nom de Volcans des Ernici.

Ces volcans sont au nombre de dix et portent les noms de Pofi, Ticchiena, San Francesco (Cercano), Selva dei Muli, sur la gauche du Sacco, et de Morolo, Petrica, Calame, Sant Arcangelo, San Marco et Giuliano di Roma, sur la droite.

De tous ces petits volcans, celui de Pofi est le plus caractéristique, montrant un appareil complet de forme conique qui s'élève directement sur la plaine.

Ces volcans eurent leur moment de grande activité à l'époque quaternaire, en rejetant des laves et scories qui forment les dômes ou cônes actuels et en lançant à distance des lapilli et des cendres qui couvrent d'un manteau superficiel plusieurs lambeaux de la vallée du Sacco, reposant indifféremment sur le crétacé, l'éocène, le pliocène et même sur le quaternaire.

II.

GISEMENTS DE PÉTROLE, BITUME ET ASPHALTE.

Le bassin du Liri présente quelques gisements qui ont un intérêt industriel.

Je rappellerai ici les gisements ferrifères de Canneto à San Donato in Val di Comino et les limonites du bassin de Sora et de Guarcino.

Des gisements manganésifères montrant de belles pyrolusites se rencontrent dans les montagnes de San Donato Settefrati et Picinisco dans le bassin d'Alvito et dans celles de Pescosolido (Lacerno).

Des affleurements lignitifères se rencontrent dans la vallée de l'Amaseno près du Ponte Papetti; dans la vallée du Sacco près de Cacatro dei Volsci; et près de Sora, Arpino, Isoletta, San Giovanni Incarico et Pontecorvo.

Mais les gisements qui montrent avoir un intérêt industriel sont ceux de pétrole, bitume et asphalte, dont l'étude forme le but de ce mémoire.

Depuis les anciens temps l'on connaissait dans la contrée le pétrole formant des couches ou taches irisées sur l'eau de plusieurs ruisseaux, particulièrement à l'époque des pluies. En effet, remontent certainement à des époques assez reculées les dénominations de *Petrolara*, nom donné à un fossé qui coule au Sud de San Giovanni Incarico, où l'on voit le pétrole, et de *Petrolie*, nom donné à l'endroit de la vallée de Pocomare près de Ripi, où également l'huile suinte du sol.

De même les anciens connaissaient certaines roches calcaires et marneuses imbibées de bitume qui se trouvent au Colle della pece (Col du pois) près de Castro dei Volsci et ailleurs, où l'asphalte et le bitume naturel ont été de tout temps utilisés.

Les pétroles, les bitumes liquides et les asphaltes de cette région peuvent se grouper de la manière suivante :

Le pétrole se partage en deux groupes, dont le premier est celui de Frosinone, comprenant les gisements de Ripi et Strangolagalli, tandis que le second comprend le gisement de San Giovanni Incarico et Pico.

L'asphalte aussi se partage en deux groupes, dont le premier, celui de Frosinone, comprend les gisements de Collepardo, Veroli, Bauco, Monte San Giovanni, Campano et Castro dei Volsci, tandis que le second, du district de Sorà, comprend les gisements de Atina, Montegrande, Colle San Magno et Santopadre.

Le pétrole de cette région a son siège à plusieurs niveaux géologiques.

Le pétrole de Pico se trouve dans les grès du terrain éocène moyen, alternant avec des couches de schiste argileux imperméable.

Le pétrole de San Giovanni Incarico se trouve dans les mollasses du miocène supérieur, lesquelles se trouvent renfermées entre des couches imperméables d'argile.

Enfin le pétrole de Ripi et Strangolagalli se trouve également contenu dans les mollasses du miocène supérieur intercalées dans les argiles.

Il s'en suit que ces grès et mollasses, à cause de leur poro-

sité et de leur position parmi des couches argileuses imperméables, forment de véritables réservoirs à pétrole.

Ces grès et ces mollasses ont en général la forme lenticulaire et ne constituent pas de couches ayant une grande étendue. Il s'en suit que, suivant que la lentille de mollasse imbibée de pétrole a une étendue ou une puissance plus ou moins grande, la quantité de pétrole contenue est très différente. Cela explique la grande variabilité du débit des puits à pétrole percés dans ces terrains.

De même l'on arrive à se rendre compte pourquoi les puits pétrolifères de l'Italie, quoique généralement bien productifs (si bien placés), ne donnent jamais les grandes productions que l'on a pu réaliser en Pensylvanie et à Bakou.

Le bitume naturel et l'asphalte se trouvent dans plusieurs horizons géologiques. Ces produits d'oxydation, de concentration et de distillation des pétroles se sont généralement fixés dans les roches calcaires.

Ainsi à Filetino l'on trouve l'asphalte dans la dolomie triasique; à Colleparado et San Giovanni Campano dans le calcaire crétacé; au Colle della pece (Castro dei Volsci) dans le calcaire éocène; à San Giovanni Campano dans les marnes miocéniques, et à San Giovanni Camp ano dans les argiles pliocéniques.

Au point de vue de la constitution de ces hydrocarbures naturels l'on peut remarquer que cette région nous présente une série complète de produits.

En effet, tandis que le pétrole de Pico est léger, de couleur claire, avec une densité de 0,790, comparable à celle des pétroles de la région Emilienne, le pétrole de San Giovanni Incarico et Ripi est noir, lourd, bitumineux, avec une densité de 0,980, et enfin le bitume naturel et l'asphalte forment la fin de la série sous forme d'un résidu de distillation et d'oxydation.

En mettant en rapport les trois termes de cette série avec les pétroles de la zone émilienne, légers, peu colorés, ayant l'aspect d'un produit de distillation, l'on serait porté à croire que l'activité volcanique, qui a eu une si grande importance aux époques récentes dans la formation géologique du bassin du Liri Garigliano (et qui n'a pas existé dans l'Émilie), ait fait sentir son influence sur les pétroles de la région en les oxydant et les soumettant à une espèce de distillation naturelle, dont le produit est représenté par le pétrole de Pico, et les

GISEMENT DE PÉTROLE ET BITUME DU BASSIN DU LIRI

Province	Commune	Nom de la mine	Date de la concession	Durée de la concession	Nom du concessionnaire	Nom du propriétaire actuel	Extension de la concession — Hectares
Frosinone (Rome)	1 Ripi	Le Petrolie	11 Mars 1868	50 années	Guidi Bonnier	Cappellari Albert	1.550
"	2 Strangolagalli	Rio dei prati	recherche	—	—	—	—
"	3 Monte S. Giov.	Ruscio	recherche	—	—	—	—
Caserta (Naples)	4 San Giovanni Incarico	Rio della Petrolara	Contrat privé 17 Mai 1879	12 années prorogables	Compagnoni	—	2.200
"	5 Pico	Forma di S. Olivo	recherche	—	—	—	—
"	6 Pastena	Rio della Foresta	recherche	—	—	—	—
"	7 Pontecorvo	—	—	—	—	—	—
"	10 Colloparido	Trisulti	19 Mars 1874	—	Cagliano	—	209.000
Frosinone	11 Veroli	Montepizzuto	2 Octobre 1879	—	Cagliano	Serpierti	1.076.000
"	12 Baioco	Colforcone (Amazeno)	—	—	—	—	—
"	13 Monte S. Giov. Campano	Cerrato-Ara del Santi	21 Janvier 1886	—	Serpierti	Serpierti	126.500
"	14 Castro del Volsci	Colle della pecor	13 Octobre 1855	—	Loreto-Ambrosi	Eredi-Ambrosi	2.200.000
Caserte	15 Campoli Appennino	S. Pietro	—	—	—	—	—
"	16 Arpino	Santo Padre	—	—	—	—	—
"	17 Arce	Montegrande	—	—	—	—	—
"	18 Roccasecca	Colle San Magno	—	—	—	Propriété communale	—
"	19 Atina	—	—	—	—	—	—

résidus à différents degrés par les pétroles bitumineux de Ripi et San Giovanni Incarico, et, en dernier lieu, par les asphaltes de la région.

PROSPECTUS DES GISEMENTS D'HYDROCARBURES NATURELS.

Dans les deux tableaux suivants j'ai réuni les données relatives aux gisements de pétrole, bitume liquide et asphalte du bassin du Liri.

Tous ces gisements occupent une très vaste zone, qui a une étendue de 30 kilom. depuis Collepardo jusqu'à Roccaseca, avec une largeur de 15 kilom. depuis l'Amaseno jusqu'à Castro dei Volsci.

Dans cette région l'on connaît déjà une dizaine de gisements pétrolifères et une vingtaine de gisements asphaltifères.

L'on peut juger par là de l'importance de l'étude que j'ai entreprise.

Dans la planche I l'on peut voir la position de ces différents gisements. Le numero marqué à côté de chacun correspond à ceux des tableaux.

III.

GISEMENTS DE PÉTROLE ET BITUME DE SAN GIOVANI INCARICO.

Situation géographiques.—En suivant le chemin de Rome à Naples l'on rencontre la petite gare de Isoletta Liri, qui se trouve à 113 kilom. de Rome et à 137 kilom. de Naples.

De cette gare l'on se rend au village de San Giovanni Incarico en une demi-heure de temps, par une très bonne route carrossable, à la distance de 4 kilom.

Le pont sur le Liri est dominé par l'ancien château baronal de Isoletta, et au delà du pont l'on rencontre la raffinerie de pétrole de Torre Casale.

Peu avant d'arriver au village de San Giovanni se détache la route privée qui, au bout de 3 kilom., mène à la mine pétrolifère.

Les puits à pétrole sont tous concentrés sur le torrent Petrolara, qui se trouve au sud de San Giovanni et qui va se jeter directement dans le Liri.

La planche II montre la disposition des lieux.

APERÇU GÉOLOGIQUE.

Les collines qui se dressent au sud de San Giovanni Incarico se trouvent adossées aux montagnes crétaciques qui forment le massif de Monti Ausonii.

A San Giovanni Incarico affleure le calcaire crétacique. A Eico se trouve le contact de ces calcaires avec les assises inférieures de l'éocène, qui sont représentées ici par des schistes argileux et par le calcaire nummulitique.

Vient ensuite la série miocénique, avec ses mollasses pétrolifères développées à la Petrolara et les sables et marnes pliocéniques, qui ont une certaine extension aux environs d'Aquino.

VALLÉE DE LA PETROLARA.

Depuis les temps anciens il était connu que surtout au moment des pluies le pétrole suintait du sol le long de ce ruisseau, qui a une direction générale du Sud au Nord et va se jeter directement dans le Liri.

Le nom de Petrolara donné au torrent est une preuve de la connaissance que les anciens avaient de la présence de l'huile.

La constitution du terrain qui forme cette petite vallée doit être rapportée au terrain tertiaire supérieur et moyen.

Les couches des roches sont régulières, ont une direction générale N W — S E avec une inclinaison de 15 à 20 au S W.

La succession des terrains qui ont été traversés par les sondages est la suivante :

A la partie supérieure l'on rencontre des cendres et tufs volcaniques que l'on doit rapporter à l'époque quaternaire. Au-dessous viennent des sables et argiles pliocéniques, qui recouvrent les mollasses et marnes du miocène.

C'est dans ces mollasses que l'on a rencontré de véritables réservoirs de pétrole, souvent d'une importance extraordinaire.

Les marnes qui affleurent en contre-bas de S. Giovanni sont riches en mollusques.

Aussi bien ces marnes que les mollasses sont traversées par de nombreuses veines spalthiques, qui démontrent les dislocations subies par ces dépôts.

Plus bas apparaît le calcaire nummulitique, qui repose directement sur les calcaires du crétacé.

Histoire de la mine.—Le pétrole était recueilli à la Petrolara depuis les temps anciens et l'on en faisait usage dans la médecine.

Après la réunion du royaume des Deux Siciles au royaume d'Italie les recherches minières eurent un moment de réveil et M. CASSOLA, chimiste napolitain, qui avait eu connaissance de cette huile minérale, vint à S. Giovanni Incarico, acheta de plusieurs propriétaires le droit de recherche et d'extraction du pétrole et forma une Compagnie de capitalistes napolitains pour utiliser l'huile de la Petrolara.

Cette Compagnie foras deux puits, dont le puits No. 1, percé en 1868, se trouve dans la partie basse du torrent, vers son embouchure dans le Liri. Il atteignit une profondeur de 14 m. et donna pendant un certain temps 70 à 80 litres d'huile par jour.

Dans la même année 1868, à la distance de 8 m. du puits No. 1, l'on foras le puits No. 2 à la profondeur de 28 m. La production fut de 30 à 50 litres par jour pendant un certain temps.

La Compagnie napolitaine ne continua pas les travaux et abandonna la mine.

Période de 1871 à 1876.—Il lui succéda une Compagnie de capitalistes milanais réunis sous la raison sociale Sachetti et Co., constituée en date du 30 juin 1871 avec un capital de 80.000 livres.

Cette Compagnie foras en 1871 même 14 petits puits à main le long de la Petrolara à une profondeur variable de 15 à 20 m. Le pétrole produit fut de 7000 kg., qui fut vendu à de très bonnes conditions.

Encouragés par ces résultats et par les conseils du géologue STOPPANI, les capitalistes milanais augmentèrent considérablement leur capital, firent venir un matériel de sondage perfectionné du système américain à la corde avec des sondeurs expérimentés et se mirent à entreprendre un travail régulier et sérieux.

Les puits forés de 1871 à 1876 furent au nombre de 6, nommés dans l'ordre chronologique Lombardo, Stoppani, Cayro, Pietro, Antonio, Arrigo, dont la position est donnée dans la planche annexée.

Leur profondeur varie de 40 à 105 m. et ils sont tous tubés. Les puits Stoppani et Antonio (non et prénom du géologue qui les

propos) ont été particulièrement productifs. Le premier donna beaucoup de gaz et 70 tonnes de pétrole; le second fut jaillissant (*flowing wells*) et produisit 770 tonnes de pétrole. La production des autres puits eut peu d'importance.

Ces résultats furent certainement très favorables et l'on espéra un moment pouvoir rivaliser avec les fontaines jaillissantes de Bakou, dont le retentissement venait de se répandre en Europe.

Periode de 1870 à 1879. — L'on fonda alors une Compagnie encore plus forte nommée „Società italiana delle miniere petrolifere di Terra di lavoro“ reconnue par décret du 1 Août 1876. Elle commença par s'assurer le droit de recherche et d'exploitation du pétrole sur une très vaste étendue de terrain, embrassant un triangle qui va de Isoletta à Pico et Pontecorvo, ayant une étendue de 2.200 hectares. Pour cela elle fit 400 contrats directement avec les propriétaires du sol. La redevance à payer fut établie à raison de 0,75 à 1,00 litre par tonneau de pétrole extrait de 150 kg.

La nouvelle Compagnie continua très activement les travaux de sondage et de 1876 à 1879 foras, toujours le long de la Petrolara, 11 puits nommés Zani, Luzzatto, Crodara I, Francesco, Crodara II, Giacinto, Estate, Buona Speranza, Ancora, Primavera, Sesaminga, à une profondeur variable de 40 à 200 m.

Parmi ces puits les 4 premiers ont donné de bons résultats, surtout le Crodara I, qui fut jaillissant et donna 300 tonnes de pétrole.

La plupart des puits donnèrent du pétrole, les autres en partie des gaz combustibles et des eaux salées.

La planche III donne la position de tous ces puits et le tableau qui suit (Voir la page ci-contre) réunit toutes les données qui leur sont relatives, c'est-à-dire leur profondeur, diamètre, production en huile et le niveau auquel le pétrole a été trouvé.

Les puits ont été tous tubés avec tubes en fer ayant un diamètre de 0,165 m. c'est-à-dire de 8 pouces anglais, à cause de la nature ébouleuse des terrains argileux recoupés.

Les terrains traversés par la sonde ont été les suivants: Après une légère couche de terrain végétal qui occupe les deux versants du ruisseau Petrolara, la sonde a rencontré des couches alternantes d'argiles et marnes argileuses se référant au terrain pliocène.

PUITS À PÉTROLE DU TORRENTE PETROLARA

Année	Nom du puits	Profondeur		Diamètre des tubes 3 cent.	Pétrole produit		Valeur du pétrole produit Litres	Remarques	
		Totale m.	Niveau du pétrole m.		Par jour kg.	Total kg.			
1868	No. 1	14	14		70 à 80)		La valeur moyenne du pétrole brut de Lit 21.50 par quintal		
"	No. 2	28	28		30 à 20)	29 580			
1871	14 petits puits	15				70 000			
1871	Lombardo	105		16,5		680			
1872	Stoppani	35	35	18	800 à 900	69 530			Gas, eau salée
"	Cayro	44		16,5					
1873	Pietro	71	50	"		1 360			
"	Antonio	41	41	"	900 à 4000	773 160			Jaillissant
1874	Arrigo	44	44	"	200	18 700			
"	Compagnoni	110		"					Peu de pétrole
1876	Zani	37	35	"	500 à 600	44 370			
1877	Luzzatto	33	33	"	1400 à 1500	25 160			Jaillissant
"	Crodara I	52	40	"	6000	306 510			Jaillissant
"	Francesco	51	51	"	800	49 640			
1878	Crodara II	42		"					Peu de pétrole
"	Giacinto	72	50	"				Gas	
1879	Estate	45	35	"	400 à 500	12 070			
"	Buona			"					
"	Speranza	52	50	"				Peu de pétrole	
"	Aurora	149	50	12,5					
"	Primavera	37	34	16,5					
"	Se sa minga	200							
		1253				1 330 760	283 718		
1883		103			600			Peu de pétrole	
1884		102						se nappe de pétrole	
1885		150						Rien	
1887		340							
1889		493						Gas	

A la profondeur de 35 à 50 mètres sous le niveau du sol la sonde a rencontré une couche de mollasse imbibée de pétrole, laquelle semble avoir une puissance de 10 mètres (miocène).

L'on trouve réalisée la condition constatée dans tous les gisements pétrolifères connus, c'est-à-dire d'avoir une couche sableuse perméable imbibée de pétrole, recouverte par une couche argileuse imperméable et se trouvant alignée suivant un anticlinal.

Il paraît en effet qu'au ruisseau Petrolara correspond une ligne de fracture avec un anticlinal qui a permis à la couche ou lentille de mollasse de se redresser et de s'approcher de la surface du sol.

Tous les puits productifs de la Petrolara ont puisé le pétrole dans cette couche.

Il faut rappeler les puits nommés Stoppani, Pietro, Antonio, Arrigo, Zani Luzzatto, Crodara I, Francesco, Estate, qui ont produit des quantités considérables de pétrole.

Au contraire, les puits un peu éloignés de la Petrolara, tels que ceux nommés Compagnoni, Buona Speranza, Aurora, Primavera, Se sa minga, ont rencontré une petite ligne de pétrole à la profondeur de 50 mètres, mais quoique poussés à une profondeur de 100 à 200 m. ils n'ont presque pas donné d'huile.

Les puits largement productifs ont été au nombre de 12 sur 20 puits forés, soit 60%.

Par conséquent la proportion des puits stériles (dryholes) est de 40% des puits forés.

Ce chiffre est vraiment trop exagéré et est dû au fait que l'on a poussé au delà du raisonnable les recherches à la Petrolara après que l'on avait obtenu une bonne production qui avait épuisé ce petit bassin.

A Velleja la proportion des dryholes est de 25% et en Pensylvanie elle est de 15%.

La profondeur totale des puits forés est de 1235 mètres.

La profondeur moyenne de la nappe pétrolifère se trouve à 40-50 m.

Le pétrole brut total produit est de 1.330.760 kg., qui a une valeur de 283.718 livres.

La plupart des puits forés donna le pétrole par le pompage, mais les puits Antonio, Luzzatto et Crodara I ont donné le pétrole jaillissant (flowing wells).

Le puits Antonio, foré en 1873 à la profondeur de 41 m., donna le pétrole jaillissant avec une production de 900 à 1.000 kg. par 24 heures pendant les premiers jours. Ensuite l'on y appliqua la pompe.

Le puits Luzzatto, foré en 1877 à la profondeur de 33 m., donna les premiers jours un jet de 14 à 15 quintaux par 24 heures. Plus tard l'on y appliqua la pompe.

Le puits Crodara, foré en 1877 à la profondeur de 41 m., lança les premiers jours un jet de pétrole à la hauteur de 4 m. au-dessus du sol et donna 6.000 kg. d'huile. Bouché quelque temps avec un sac de semence de lin à cause du manque de fûts pour recueillir le pétrole, il fut rouvert ensuite.

Ce puits, dont le prix de revient fut de 6.500 livres environ, produisit à lui seul 300.000 kg. de pétrole, ayant une valeur de 60.000 livres. De même le puits Antonio susdit, dont le prix de revient fut de 6.000 livres environ, donna 773.000 kg. de pétrole avec une valeur de 150.000 livres.

Ces exemples sont certainement très encourageants et montrent qu'en Italie l'on peut réaliser des productions considérables.

En ce qui concerne la durée de la production de ces puits de la Petrolara, l'on peut remarquer que tous ceux qui ont donné une certaine production de pétrole ont eu une durée de deux à trois années en moyenne.

En effet, tous les puits forés en 1875 et 1877 donnaient encore une production de 150 kg. environ par jour et par puits en 1879, à l'époque de la visite de M. STRIPPELMANN.

En Pensylvanie la durée moyenne de la production des puits est également de 3 années environ, exactement 2 années et 10 mois.

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES.

Le forage des puits à la Petrolara a donné des résultats très variés.

Si l'on considère deux puits très productifs (Antonio et Crodara I) et un puits stérile (Crodara II), l'on a les résultats suivants:

Puits	Profondeur atteinte	Coût total	Coût moyen par mètre courant	Pétrole produit.	Valeur
	M.	Lir.	Lir.	Kg.	Lir.
Antonio . .	41	6 000	146	770 000	150 000
Crodara I .	42	6 500	155	300 000	60 000
Crodara II .	52	3 000	58	0	0

STRIPPELMANN trouve que le prix de revient moyen par mètre pour un puits de 50 m. est de L. 64, sans compter les frais généraux, et en y comptant ceux-ci il se monte à 120 Lires.

La dépense du forage y compris le tubage pour des puits si peu profonds ne peut pas dépasser le chiffre de 100 livres au mètre courant.

Dans ce chiffre sont compris largement les frais généraux, car le forage et le tubage des puits à pétrole à une profondeur de 50 à 200 mètres ne peut pas dépasser le chiffre de 70 liras au mètre courant.

(Les puits forés par l'auteur à Ozzano (Parma) dans des conditions analogues de forage et de tubage ont coûté ce prix, pour des profondeurs de 200 m. environ).

Or, au prix de 100 liras par mètre courant, les 1.253 mètres de puits forés représentent une dépense de 125.000 liras, met. tons même 130.000 liras en chiffre rond.

Le pétrole produit est de 1.330.000 kg., soit 13.300 quintaux, ce qui fait une dépense de 10 liras par quintal de pétrole brut produit.

Les frais de pompage ne peuvent pas dépasser 2 liras par quintal, chiffre qui est admis dans l'Émilie. Les frais de décantation seront de 0,25 par quintal, en y comprenant la main d'œuvre et le combustible.

Les frais de transport par tonneaux portés sur char à bœufs, depuis la Petrolara à la distillerie sur 4 kilom. de distance, seront de 0,30 quintal.

La redevance due aux propriétaires du sol a été établie à raison de 1 L. par tonneau de 150 litres (le baril américain), par conséquent elle revient à 0,66 par quintal.

En y ajoutant les indemnités à payer pour les dommages apportés au terrain agricole, l'on arrive au maximum de 0,70 par quintal.

En résumant, le prix de revient d'un quintal de pétrole brut de la Petrolara rendu à la distillerie de Torre Casale sera le suivant:

	Lit
Frais de forage, y compris les frais généraux, amortissement du capital et puits stériles	10.00
Frais de pompage	2.00
Décantation	0.00
Transport à la distillerie.	0.50
Redevance aux propriétaires	0.70
Total Li	<u>13.40</u>

L'on peut compter 13,50 à 14 Lires au quintal.

La valeur de l'huile brute rendue à la gare de Isoletta sur

vagon est de 18 à 20 livres par quintal, par conséquent le bénéfice net de l'industrie de la mine peut être évalué à 4 à 6 Litres au quintal.

VISITE ET RAPPORT DE LÉO STRIPPELMANN EN 1879

Les derniers puits forés en 1879, Buona Speranza, Aurora, Primavera, Se sa minga, à des profondeurs variant de 40 à 200 m., ayant été improductifs, l'on eut recours aux conseils d'un spécialiste pour décider sur l'avenir de la mine.

LÉO STRIPPELMANN, bien connu pour ses travaux sur les pétroles de l'Autriche et de l'Allemagne, arriva en Italie en Septembre 1879.

Accompagné par le prof. STOPPANI il vint rendre une visite et après s'être mis au courant de la géologie de la région se rendit à San Giovanni Incarico.

En Octobre 1879 il rédigea un rapport très favorable sur l'entreprise pétrolifère de ce pays.

Il conseilla de se procurer un appareil complet de sonde à tige, de construction moderne perfectionnée, afin d'atteindre des profondeurs considérables.

PÉRIODE DE 1880 à 1890

A partir de l'année 1880 l'on cessa de forer de nouveaux puits et on se contenta de pomper le pétrole des vieux puits toujours ouverts.

En 1883 l'on reprit courage et l'on fora un puits au Sud de San Giovanni, dans un fossé à peu de distance du village.

A la profondeur de 103 m. l'on rencontra l'huile, dont le débit fut de 4 barils par jour (600 kg.) pendant quelques jours, et qui bientôt fut réduit à un baril par jour.

Quand la production eût baissé l'on chercha à approfondir le puits, mais à 108 m. la tige se cassa et le forage fut perdu.

En 1884 l'on fora encore 3 puits, dont l'un à la profondeur de 102 m. donna du pétrole.

En 1885 l'on chercha à approfondir les vieux puits en appliquant le système canadien à tige rigide et l'on trouva à la profondeur de 150 m. une seconde nappe pétrolifère, qui malheureusement n'eut pas une importance considérable.

En 1887 l'on forait un puits à 340 m. sans résultat.

En 1889 enfin la Compagnie internationale belge poussa un sondage à 493 m., qui donna beaucoup de gaz et seulement des indices de pétrole.

L'on eut aussi un accident par lequel deux ouvriers furent brûlés, et l'on abandonna le travail.

Ce résultat négatif joint à ceux également négatifs constatés par les puits profonds de Sassuolo (550 m.), Ozzano (400 m.), Vellejà (500 à 600 m.), Respiccio (500 m.) prouvent que dans les bassins pétrolifères italiens l'huile n'est pas à rechercher à de grandes profondeurs.

Seulement à Salsomaggiore dans des conditions particulières l'on a des puits très profonds, tels que le No. 5, profond de 700 m., et No. 5 bis, profond de 695 m., qui ont donné du pétrole, mais la plus grande production de cette région a été donnée par le fameux puits Trionfo, qui trouve le pétrole à une profondeur de 400 m.

En effet, l'on a vu qu'à la Petrolara la nappe pétrolifère se trouve à la profondeur de 40 à 50 m., à Ozzano (Parme) elle se trouve à 180—200 m. et à Vellejà (Plaisance) à 150—200 m., à Rivanazzano à 200 m. et à Tocco Casauria à 200 m.

Après ces insuccès la Compagnie, au lieu de diriger son activité dans d'autres parties de son immense concession (2200 hectares), se trouva complètement découragée et décida de suspendre les travaux.

A la suite de cette décision tous les immeubles et les droits d'exploitation passèrent aux mains de M. FRANCESCO COMPAGNONI, banquier à Milan, qui était le créancier principal.

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION

Dans le tableau suivant est donnée la production du pétrole brut de San Giovanni Incarico à partir du moment où l'on eut une production régulière.

L'on voit que l'époque la plus brillante de la Petrolara est celle comprise entre 1875 et 1880, pendant laquelle l'on eut des résultats vraiment extraordinaires.

Depuis cette époque la production fut réduite à ce que pouvait donner le pompage des vieux puits et, en 1890, la nappe pétrolifère de la Petrolara est réduite à bien peu de chose.

Il est à remarquer que les résultats de cette entreprise n'auraient pas été si mauvais si la Compagnie, après avoir épuisé le dépôt pétrolifère de la Petrolara, au lieu de vouloir insister à forer dans cette vallée avait porté son activité sur d'autres points reconnus pétrolifères dans sa vaste concession.

LA PRODUCTION DE PÉTROLE BRUT DE SAN
GIOVANNI VALDARNO

Années	Pétrole brut produit — Tonnes	Valeur — Lires	Années	Pétrole brut produit — Tonnes	Valeur — Lires
1868	20				
69	30				
1870	30		1881	64	12.840
1	30		2	65	15.684
2	40		3	61	14.145
3	60		4	55,800	13.392
4	80		5	57	12.474
5	110		6	46	10.120
6	400		7	30	6.000
7	400		8		
8	600	60.000	9		
9	400	48.000	1890	23	5.083
1880	150	18.000	1	24	6.000

COMPOSITION INDUSTRIELLE DU PÉTROLE.

Le pétrole naturel ou brut est noir, luisant, lourd, analogue en tout à du bitume liquide.

La densité est de 0,950 à 0,970, de sorte qu'il atteint presque le poids spécifique de l'eau. Il est difficile, par conséquent, de le séparer de l'eau avec laquelle il sort du sol.

Il résulte d'un mélange d'hydrocarbures qui répondent à la formule générale $C_n + H_{2n+2}$ correspondant à la formule du Méthane.

Il ne contient pas d'huiles légères (Benzine), renferme une petite proportion d'huile d'éclairage (Kerosène) et est composé, pour la plupart, d'huiles lourdes et de Goudron. Les huiles lourdes qu'il contient sont spécialement destinées à fournir l'huile pour la préparation du gaz riche et des huiles lubrifiantes.

Pour le séparer autant que possible de cette eau l'on profite de deux propriétés, dont l'une, spéciale aux pétroles très lourds, consiste en ce qu'en les chauffant jusqu'à 90° et même plus ils ne commencent pas à distiller (ne contenant pas de benzine).

L'autre (commune à tous les pétroles) est que leur densité diminue en les chauffant. En effet, des expériences de St. Claire Deville il résulte que le pétrole brut de Neviano dei Rossi (Parme) à la température de 0 C a une densité de 0,899, tandis qu'à 50° sa densité est de 0,772.

Par conséquent, même sans connaître le coefficient d'expansion, l'on peut admettre que l'huile de la Petrolara, qui à la température de 15° a la densité de 0,980, chauffée à 90° n'aura plus qu'une densité de 0,900 et même moins. Il s'en suit que la différence de densité augmente par le chauffage et que la séparation des deux liquides est plus facile.

Pour atteindre ce but l'on a bâti à la Petrolara une chaudière de décantation où l'on porte le pétrole à la température de 90°. L'eau se sépare du pétrole et occupe le fond de la chaudière, d'où elle est soutirée. Le pétrole, après ce traitement, ne contient plus que 3% d'eau.

DISTILLFRIE DE TORRE CASALE

L'importance que la production du pétrole avait atteinte depuis 1875 (400 à 600 tonnes par année) et l'avantage évident qu'il y avait à obtenir sur place des produits industriels décidèrent la formation d'une compagnie de capitalistes qui eut pour but de construire une distillerie destinée à utiliser les huiles brutes de la Petrolara.

Cette compagnie fit bâtir en 1879 une distillerie par la Maison Schuman Kuchler et Cie. de Lipsie, à l'endroit appelé Torre Casale, à peu de distance au delà du pont sur le Liri en allant à San Giovanni.

La base de cette industrie était le traitement de 400 tonnes de pétrole brut au prix de 16 Lires par quintal, auquel prix la Compagnie de la mine s'engagea à vendre sa production à la Compagnie de la distillerie.

Celle-ci est particulièrement agencée pour la production d'huiles lourdes.

Le bâtiment occupe une surface de 40 m. \times 15,50 m. et a une hauteur de 9 m.

Il est partagé en long par un mur qui le sépare en deux compartiments de haut en bas, dans le but d'éviter les explosions. Dans le premier sont réunis les foyers des alambics et la chaudière à vapeur, où l'on a le feu à nu, tandis que dans le second se trouvent les alambics, les condenseurs, les épureurs et les bassins de dépôt du pétrole brut et des produits raffinés.

Les appareils sont les suivants :

a) Pour le dépôt du pétrole brut l'on a un bassin en terre revêtu de maçonnerie à ciment ayant les dimensions de 3 m. \times 3 \times 2,25, ce qui fait un cube de m³ 20,250, c'est-à-dire de 130 tonneaux (barils). L'on a aussi 4 réservoirs (tanks) en tôle de forme circulaire dont les dimensions sont

No. 1	hauteur	1,75,	diam.	1,70
" 2	"	1,90,	"	1,75
" 3	"	1,20,	"	1,4
" 4	"	1,80,	"	1,40

La contenance totale est de 12 m.³

L'on peut par conséquent emmagasiner 32 m³ de pétrole brut, c'est-à-dire 200 tonneaux (barils).

b) Moteur à vapeur avec une pompe aspirante et élévatoire destinée à aspirer le pétrole brut des bassins et à le faire monter aux bassins du premier étage.

c) Les réservoirs du 1-er étage sont en tôle de dimension de 2 \times 2 \times 2, d'une contenance par conséquent de 8 m³.

De ceux-ci le pétrole descend directement dans les alambics.

d) Les alambics (stills) pour la distillation sont au nombre de 4.

Un petit alambic en fonte de forme hémisphérique et de la contenance de 300 litres sert pour les essais industriels.

Trois alambics de grandes dimensions de forme hémisphérique en fonte, chacun d'une contenance de 21 barils, soit 3 m³,800, servent pour la distillation du pétrole.

e) Les condenseurs (condensers) sont au nombre de 3, un pour chaque alambic. Ils sont en tôle de forme cylindrique ayant une hauteur de 1,85 et un diamètre de 1,55, et contiennent à l'intérieur les tuyaux condenseurs de forme hélicoïdale.

f) Les purificateurs ou laveurs des huiles distillées (agitateurs) sont au nombre de 3. Ils sont en tôle de forme cylindrique, ayant une hauteur de 2 m. 50 et un diamètre de 1,55

Ils sont revêtus à l'intérieur d'une plaque de plomb, car l'épuration se fait d'abord par l'acide sulfurique et ensuite par l'eau.

Ils ont en haut les tuyaux destinés à y introduire d'abord le pétrole, puis l'acide sulfurique, et en bas les tuyaux destinés à l'insufflation de l'air qui doit provoquer le mélange intime de l'huile avec l'acide.

g) L'air comprimé est fourni par une pompe spéciale à air.

h) Les huiles produites et prêtes pour le commerce sont emmagasinées dans des réservoirs en tôle qui sont au nombre de 4, de forme parallélépipédique, ayant les dimensions de m. $3 \times 2 \times 2$.

i) En haut du bâtiment, porté par un plancher en fer, se trouve un grand réservoir en tôle pour l'eau, ayant les dimensions de m. $5 \times 2 \times 5$ c'est-à-dire une contenance de 30 m³.

Ce réservoir doit satisfaire aux besoins des condenseurs, de la chaudière à vapeur et fournir l'eau en cas d'incendie.

k) La chaudière à vapeur est du type Cornwailles, aux dimensions de 6,20 m. de longueur et un diamètre de 1,20 m., avec un tube foyer de 0,55 m. de diamètre.

La cheminée qui donne le tirage au foyer de la chaudière et à ceux des alambics a une hauteur totale de 27 m.

l) La chaudière fournit la vapeur à un moteur qui actionne directement une pompe destinée à monter l'eau au grand réservoir qui se trouve en haut du bâtiment.

m) Le même moteur au moyen une transmission par courroies met en mouvement une petite pompe d'alimentation de la chaudière.

n) Un laboratoire de chimie pour les essais élémentaires des huiles brutes (crude oil) et des produits (solar oil et lubricating oil) complète l'usine de distillation.

Cette usine de distillation, créée au moment où la production de la Petrolara semblait devoir augmenter considérablement, se trouva au contraire achevée (fin de 1879) quant la production alla en diminuant.

Elle ne travailla qu'une année ou deux et en 1883 elle fut rachetée par M. COMPAGNONI.

Elle est par conséquent presque neuve et les appareils sont dans un très bon état de conservation. Ils se ressentent seulement d'une construction devenue ancienne.

PRODUITS DE LA RAFFINERIE. — LEURS QUALITÉS

Les produits mis en commerce par la raffinerie de San Giovanni Incarico sont les suivants :

- 1° Huile pour la fabrication du gaz riche.
- 2° Huile lubrifiante légère.
- 3° Huile lubrifiante lourde.
- 4° Goudron pour la marine.
- 5° Asphalte.
- 6° Noir de fumée.
- 7° Graisse pour voitures.

Les quatre derniers produits sont analogues à ceux que l'on trouve dans le commerce de provenances diverses.

Les 3 premiers au contraire ont des qualités particulières, sur lesquelles il est bon de s'arrêter un moment.

Du reste leur importance est capitale pour l'industrie de San Giovanni Incarico, car en chiffre rond l'on retire de l'huile brute 25% d'huile destinée à la fabrication du gaz riche et 50% d'huiles lubrifiantes.

Huile pour la fabrication du gaze riche. Sur le pouvoir éclairant du gaz riche produit par l'huile de San Giovanni et sur son prix de revient ont été faites en 1878 à Milan des expériences décisives par M. QUANDRI, ingénieur.

Le résultat de ces essais est le suivant :

La gazéification de l'huile a eu lieu dans les cornues sans aucun inconvénient. Le rendement a été de 45 mètres cubes de gaz par 100 kg. d'huile distillée.

Le gaz riche produit est sans couleur et sans odeur.

L'huile n'est pas inflammable et par conséquent sans danger.

Le rapport entre le pouvoir éclairant du gaz de houille et celui des gaz riches est de 1 à 2,758. Par conséquent le gaz de pétrole a un pouvoir éclairant supérieur de 2 $\frac{3}{4}$ à celui du gaz de houille.

Le rapport entre les volumes des gaz-pétrole et des gaz-houille à brûler pour obtenir la même intensité lumineuse est de 1 à 2,856.

De ce fait il résulte un avantage réel pour le volume moindre des gazomètres destinés au gaz riche. Ceux-ci pourront avoir une capacité qui sera le tiers environ de celle des ga-

zomètres destinés au gaz de houille. De là une économie considérable.

L'huile à gaz de San Giovanni ne contient ni paraffine ni goudron et par conséquent ne laisse presque pas de résidus dans es chaudières. Etant pure, elle ne demande pas les appareils de purification si encombrants et si coûteux des usines à gaz de houille.

Quant à la dépense, en employant le gaz-pétrole l'on aura une économie de 30 à 50% sur le prix qu'on paie par mètre cube de gaz de houille, cela, bien entendu, pour avoir la même intensité lumineuse.

Ces résultats sont réellement très avantageux et montrent l'intérêt que l'on aurait à appliquer ces huiles à la fabrication du gaz riche.

Huiles lubrifiantes.— Les huiles lubrifiantes sont de deux qualités, c'est-à-dire légères et lourdes, suivant l'emploi auquel elles sont destinées.

Ces huiles sont bien supérieures aux huiles végétales ou animales. Ces dernières huiles ont plusieurs défauts qu'il convient de rappeler. Elles s'oxydent à l'air et se dessèchent en formant une couche résineuse qui contrarie le mouvement des machines au lieu de le faciliter. Par l'oxydation se forment des parties acides qui abiment les métaux. Par la vapeur d'eau surchauffée elles se décomposent en glycérine et acide gras, qui dissout le fer et abime par conséquent les machines. Enfin par le froid ces huiles cristallisent et ne sont pas bien utilisables.

Les huiles librifiantes minérales telles que celles de San Giovanni Incarico n'ont pas ces inconvénients.

Elle ne se dessèchent pas, ne s'oxydent ni se décomposent, n'altèrent pas les métaux, restent toujours liquides jusqu'à 15° au-dessous de 0°, offrent une économie comme quantité, ont un prix bien inférieur.

Par suite de toutes ces qualités, bien connues du reste par les spécialistes, l'emploi de ces huiles lubrifiantes est très avantageux.

AUTRES INDICES PÉTROLIFÈRES

Toute la région des environs de San Giovanni Incarico présente des indices pétrolifères.

Plusieurs ruisseaux compris entre ce village et la Petrolara offrent des indices d'huile, comme le prouve le sondage fait à peu de distance au sud du village.

A Pico, sur la route de Isoletta à Gaeta, l'on trouve le pétrole au contact du terrain miocène et éocène.

A Pastena, à l'ouest de San Giovanni, l'on a constaté aussi la présence du pétrole.

A Pontecorvo, dans la plaine sur la gauche du Liri, l'on a de même des indices de pétrole.

Or, ces points extrêmes de San Giovanni, Pastena, Pico et Pontecorvo embrassent une vaste région qui est certainement pétrolifère; étant données les conditions identiques, l'on est sûr de retrouver d'autres dépôts d'huile semblables à celui de la Petrolara.

Je donnerai quelques détails sur le sondage fait à Pico en 1877.

GISEMENT PÉTROLIFÈRE DE PICO

En remontant la route qui de San Giovanni Incarico mène à Pontecorvo et à Gaeta, à la distance de 8 kilomètres l'on rencontre le petit village de Pico.

Dans plusieurs fossés aux environs de ce village l'on a constaté la présence du pétrole.

A l'Est de Pico, le long de la route de Pontecorvo, dans la vallée de Limotello, l'on a foré en l'année 1877 un puits nommé Perelli.

Le puits commença par traverser des alternances d'argiles et marnes jusqu'à la profondeur de 76 m., où il rencontra un banc de calcaire.

A peine ce calcaire fut-il atteint, que l'on eut un jet puissant de gaz inflammable, qui fut suivi par un jet de pétrole.

Ce pétrole est léger, clair, ayant une densité de 0,720 et comparable aux pétroles de l'Emilie.

On le brûla directement dans les lampes ordinaires à pétrole.

Le puits fut creusé jusqu'à la profondeur de 121 m., où il fut abandonné à cause des éboulements, qu'on ne pouvait pas éviter faute de moyens.

Tout porte à croire que le bassin pétrolifère de Pico (totalement séparé de celui de la Petrolara) doit avoir une importance réelle.

Un second puits fut percé à la profondeur de 21 m. à l'ouest de Pico dans le terrain crétacé, mais ne donna pas de pétrole.

L'on a donc constaté ici que le pétrole se trouve dans le calcaire de l'éocène recouvert par les argiles miocéniques, qui empêchent l'huile de se disperser.

L'on a donc réuni dans peu d'espace deux gisements bien différents à tous les points de vue. A la Petrolara l'on trouve presque à la surface dans les molasses miocéniques du pétrole noir bitumineux très lourd, tandis qu'à Pico, à la profondeur de 76 m., l'on trouve dans le calcaire éocénique un pétrole clair et léger.

Ce fait et ces conditions se trouvent réalisés dans tous les pays pétrolifères où l'on a constaté que le pétrole superficiel est toujours plus dense que celui puisé dans les profondeurs.

Ce fait est dû à deux causes, dont l'une est la distillation naturelle des essences et huiles légères près de la surface et l'autre est l'oxydation que subissent les huiles au contact de l'air.

Cette différence de densité a été constatée à Tocco di Casauria, où le pétrole des sources superficielles est bien plus lourd que celui puisé des puits profonds de 300 et 400 m.

Un fait analogue a été constaté dans les pétroles d'Oran, en Algérie, à la Nouvelle Zélande et à Assam, dans l'Inde.

Dans le tableau suivant sont données les différentes densités reconnues :

LOCALITÉS	Densité du pétrole	
	Superficiel ou à petite profondeur	Venant des puits profonds
San Giovanni Incarico (Caserta)	0,970	0,720
Tocco di Casauria (Chieti)	0,975 à 1,010	0,950 à 0,968
Algérie (Oran)	0,981	0,921
Nouvelle Zélande (Taranaky)	0,971	0,840
Assam (Indes)	0,933	0,858

IV.

GISEMENT DE PÉTROLE ET BITUME DE RIPI.

POSITION. — Pour se rendre à la Valle di Pocomare, qui occupe la partie centrale de la concession pétrolifère dans la commune de Ripi, en province de Frosinone, l'on descend à la distance de 101 kilom. de Rome et à 143 de Naples.

A six kilomètres de la gare se trouve le hameau de San

Giovanni, placé au sommet de la Valle di Pocomare, au fond de laquelle se trouvent les puits pétrolifères dits des Petrolie.

Il est préférable peut-être de descendre à la gare de Frosinone sur le même chemin de fer, où s'arrêtent tous les trains, monter à la ville de Frosinone et de là descendre à Torrice et Ripi.

En allant soit par la gare de Pofi, soit par Frosinone, pour ce rendre à San Giovanni et aux Petrolie il n'est pas nécessaire de monter à Ripi.

La planche montre la disposition de lieux.

APERÇU GÉOLOGIQUE. — Les environs de Frosinone, Torrice, Ripi nous montrent la série des terrains tertiaires.

Aux environs de Ceccano, dans le torrent Meringo, en contre-bas de Ripi, et au Colle Tartarella, près de Torrice, l'on voit affleurer le calcaire blanc à *Nummulites* et *Pecten costatus*, qui dans cette région est caractéristique de l'étage inférieur de l'éocène.

Au-dessus de ce calcaire, avec une stratification concordante se développe une vaste étendue de grès en grosses lentilles, sur lequel sont bâtis la ville de Frosinone et les villages de Torrice et de Ripi.

Ce grès est rapporté par les géologues à la formation éocénique, ainsi que des couches de schistes argileux qui l'accompagnent.

Le terrain qui s'étend au Sud de Ripi, et qui comprend la concession pétrolifère, montre la succession des formations tertiaires plus récentes.

En descendant de Ripi à San Giovanni l'on passe de l'éocène au miocène, qui prend son développement dans la vallée de Pocomare, au fond de laquelle se trouvent les puits de Petrolie.

Ce terrain miocénique est caractérisé par des marnes et des mollasses qui sont pétrolifères.

Toujours en descendant l'on voit apparaître le pliocène, représenté par des argiles, des marnes et des sables.

La formation quaternaire est représentée par des travertins soit compacts soit brechiformes, qui parfois prennent une importance et un développement considérables.

Enfin, les formations volcaniques présentent dans cette région une importance notable.

Le volcan éteint de Pofi, qui eut son activité à l'époque quaternaire, se trouve à peu de distance au Sud de Ripi. Sans entrer dans plus de détails concernant ce volcan, qui se présente sous son aspect caractéristique dans la plaine Sacco, il est à remarquer que ses produits, tels que cendres, lapilli et tufs, couvrent par des lambeaux superficiels une partie considérable de la région pétrolifère. Le fond de la vallée de Pocomare, les coteaux du torrent Ponticelli, le Colle Moscardino et la plaine du Torrent Meringo sont occupés par des dépôts de cendres et lapilli généralement cimentés.

GISEMENTS PÉTROLIFÈRES ET BITUMINEUX DE LA RÉGION. — Dans les vallées qui se trouvent au Sud-Est du pays de Ripi l'on peut constater des émanations pétrolifères d'une certaine importance.

L'endroit où la présence du pétrole est connue depuis les anciens temps est certainement la Valle di Pocomare, au centre de laquelle se trouve la localité appelée Petrolie.

Ce nom de Valle di Pocomare donne lieu à quelques réflexions étymologiques sur lesquelles il est peut-être intéressant de s'arrêter un instant.

À première vue, attendu qu'il s'agit d'un petit bassin qui a dû évidemment autrefois être un lac, l'on pourrait croire que son nom signifie petite mer (poco-peu, mare-mer); mais probablement l'origine de ce nom dérive, à mon avis, de la présence du pétrole ou bitume liquide connu dans cette vallée depuis les anciens temps.

Dans la langue roumaine qui vient de la langue latine, *păcura* signifie bitume, et en Valachie, au centre des exploitations pétrolifères sont bien connus les endroits de Păcureți et Păcura mare, près de Sărata, dont les noms très anciens sont dus à la présence du pétrole lourd bitumineux. Le premier de ces noms signifie ville du bitume, tandis que le second peut se traduire bitume grand ou abondant, car *mare* signifie grand.

Or, la ressemblance entre le nom de Păcura Mare de Sărata et la vallée de Pocomare est frappante et il est probable que ce dernier nom des environs de Ripi est une corruption latine qui signifie vallée de pétrole ou bitume abondant.

En Italie, d'autres endroits pétrolifères ont des noms dérivés

d'anciens noms latins et entr'autres l'on peut citer celui de *Sassuolo*, près de Modène, qui vient de *Saxum olei*, car le pétrole de cette localité était connu depuis les anciens temps et la fameuse éruption du volcan de boue de la *Salvarola* a été décrite par Pline.

Une origine analogue a peut-être aussi le nom de *Sassuno*, près du *Sillaro* (Bologne), où se trouve également le volcan de boue dit *Dragone*, dont la gaz présent un intérêt tout particulier à cause de la présence du *Metan*, qui est une spécialité des gaz naturels de zones pétrolifères.

Tout autour de la vallée de *Pocomare*, dans les fossés de *Ponticelli*, *Cerro*, *Marcignolo* et *Vaglie*, en temps de pluie l'on voit nager sur l'eau des pellicules irisées de pétrole.

Au Sud de *S.rangolagalli*, dans la vallée dei *Prati*, l'on constate aussi la présence du pétrole.

HISTOIRE DE LA MINE. — Le Pape *Pie IX*, par acte public du 11 Mars 1868, accorda à *Gualdi Anibale* la concession de la mine de pétrole, bitume et asphalte nommée de *Ripi*, près de *Frosinone*.

Cette concession a la forme circulaire avec le centre à l'endroit appelé *Petrolie*. La circonférence arrive à toucher au Nord le village de *Ripi* et au Sud la route provinciale de *Frosinone* à *Ceprano*.

L'extension de cette concession est de 1553 hectares. Elle comprend la Vallée di *Pocomare* et les autres vallées pétrolifères avoisinantes.

Les conditions auxquelles est soumise la concession sont les suivantes.

a) Le paiement annuel de 12 onces d'argent, ce qui correspond à 54 livres italiennes.

b) Le 10% sur le bénéfice net de l'industrie, ce qui correspond à l'impôt de la richesse mobilière.

La concession fut accordée pour 50 ans, par conséquent elle expirera le 10 Mars 1918.

Par acte du 27 Août 1871 le nommé *Gualdi* céda la concession au baron *Eugène Bonnier de la Chavelle*.

Par acte du 23 Mai 1873 le gouvernement italien reconnut le dit *Eugène Bonnier* comme concessionnaire de la mine.

Par acte du 7 Aout 1874 se forma à Paris la „Société minière franco-romaine“, au capital de 100.000 frs., pour exploi-

ter la concession. M. STEPHANOPOLIS, représentant de la Société, s'installa à Pofi et fit forer aux Petrolie deux puits, dont l'un de 25 m. avec une sonde à main et l'autre de 70 m. environ, par le procédé canadien, dont nous parlerons plus loin.

Le pétrole produit par ces puits fut peu de chose. Il paraît qu'en 1875 ces deux puits l'on récoltait seulement 4 à 5 litres de pétrole par jour.

La Société, étant à bout de ses ressources, abandonna la mine, qui revint aux créanciers.

Depuis lors, les travaux ont été abandonnés, mais le pétrole continue à suinter des puits.

CONCESSION DE RIPI. — La région pétrolifère de Ripi comprend une superficie très vaste, dont les vallées présentent toutes des indices plus ou moins importants de pétrole.

Elles sont principalement les suivantes :

A) Vallée dite de Pocomare, comprend les localités suivantes :

a) Fosso delle Petrolie, dans lequel l'on voit affleurer les mollasses pétrolifères.

b) Fontana delle Petrolie, près de laquelle furent creusés par la Société franco-romaine deux puits qui donnèrent et donnent toujours du pétrole,

c) Fosso dei Ponticelli, dans lequel se trouvent d'importantes imprégnations pétrolifères.

B) Fosso delle Fontanelle, affluent du fossé du Carpine à l'est de S. Giovanni et de Colle Ceraso. Dans quelques ruisseaux de cette vallée on peut constater la présence de fortes imprégnations pétrolifères.

C) Fosso del Cerro, à l'est des Petrolie.

D) Fosso Marcignolo, au Nord du fossé des Fontanelle.

E) Fosso Vaglie, qui s'étend au Nord de la vallée de Pocomare entre San Giovanni et Ripi.

A) Valle di Pocomare. C'est un bassin de forme circulaire fermé de tous les côtés par les collines de San Silvestro, Colle Grasso, Collato, San Giovanni et Colle Ceraso et ouvert seulement au Sud-Est par une entaille comprise entre cette colline et celle de San Silvestro, par laquelle le fossé de Petrolie va se jeter dans le fossé Meringo.

Le bassin est régulier et il a la forme d'un fond de cuvette. Il

est sillonné par le fossé de Petrolie et ses affluents, de peu d'importance.

Les collines au Sud, par exemple celles de San Silvestro, sont formées de cendres, lapilli, scories et tuf volcanique agglomérés et cimentés.

Dans cette colline l'on a trouvé des grottes anciennes avec vases funéraires.

Les autres collines tout autour, c'est-à-dire celle de San Giovanni et Colle Ceraso, sont formées par des mollasses, des marnes et des calcaires.

En descendant par le chemin qui part du village de San Giovanni et arrive jusqu'à la source des Petrolie au fond de la vallée, on voit la succession des couches suivantes:

A la surface se trouvent les cendres, scories et lapilli volcaniques cimentés, comme on en voit à l'est de la Casetta des Petrolie. Au-dessous on voit un grand banc de travertin à fracture céroïde qui incline légèrement au S.-E., au-dessous duquel viennent les marnes et mollasses pétrolifères que l'on voit dans le fossé de Petrolie.

La disposition des couches fait supposer qu'à la ligne du fossé des Petrolie correspond un synclinal.

L'on voit réunies ici les conditions générales des gisements pétrolifères, c'est-à-dire un banc de mollasse ou grès imprégné de pétrole, recouvert par une couche argileuse imperméable c'est-à-dire un véritable réservoir à pétrole.

a) Puits pétrolifères de Petrolie.—Un peu à l'Est de cette source et au-dessous de la Casetta des Petrolie l'on trouve les deux puits forés par la Société franco-romaine.

Le puits plus petit, fait avec une sonde à main, avait une profondeur de 20 à 23 m. et donna du pétrole. Le plus grand foré en 1874 avec le système canadien à la vapeur et revêtu de tubes atteint la profondeur de 62 m.

Par ce puits fut trouvé le pétrole à trois niveaux, c'est-à-dire à la profondeur de 7,50 m., 9,60 m. et 37 m.

On verra ci-après la section du sondage. Les habitants du pays qui ont travaillé au puits en qualité de sondeurs disent que l'on trouva du tartre jusqu'à la profondeur de 17 m. et au-dessous toujours des argiles à 68 m.

La quantité de pétrole produite par le puits fut de 10 à 15 litres par jour.

SECTION DU SONDAGE DE PÉTROLIE

No. d'Ordre	NATURE DU TERRAIN TRAVERSÉ	Profondeur	
		Partiale	Progressive
1	Terre végétale	1,50	—
2	Tuf volcanique	0,40	1,90
3	Roche volcanique dure (pétrole)	3,10	5,00
4	Gravier de roches volcanique et cendre	0,40	5,40
5	Argile verte	0,15	5,55
6	Argile volcanique avec plaques vertes	0,45	6,00
7	Morceaux de gravier vert et noir très dur	1,00	7,00
8	Argile jaune avec calcaire blanc et vert	0,50	7,50
9	Grès (pétrole)	0,50	8,00
10	Calcaire dur	0,60	8,60
11	Calcaire dur (travertin)	0,40	9,00
12	Grès mollasse	0,60	9,60
13	Poudingue (pétrole abondant)	0,15	9,75
14	Roche calcaire	0,50	10,25
15	Gravier et morceaux de grès	0,40	10,65
16	Calcaire	0,40	11,05
17	Graviers comme ci-dessus	0,60	11,65
18	Argile vert foncé	1,50	13,15
19	Grès	1,00	14,15
20	Mélange de calcaire bleu et blanc et grès	1,50	15,65
21	Argile avec calcaire blanc	1,00	16,65
22	Argile verte et grise (éboulement de 17 mètres)	6,00	22,65
23	Tuf argileux avec fragments de calcaire (pétrole)	31 25	53,90
24	Calcaire	0,30	54,15
25	Argile verte et grise	0,45	54,60
26	Roche calcaire grise veinée de blanc	7 50	62,10
27	Argile grise	2,50	64,60
28	Argile grise	1,95	66,55
29	Argile grise	0,40	66,95

A présent on recueille encore du pétrole dans le puits, et dans la Cassetta des Petrolie il y a un petit dépôt.

J'ai fait ouvrir ce puits No. 1 en élevant la pierre qui couvre le tube et tout de suite est venu au dehors de l'eau chargée de pétrole noir, dont j'ai rempli à peu près une bouteille; M. Brou, qui a visité ces puits en 1877, a remarqué qu'en temps de pluie le débit du pétrole est supérieur que pendant la belle saison.

Ce phénomène, qui s'explique par le fait que l'eau pénétrant dans la couches inférieures fait remonter au jour le pétrole, qui est plus léger, a été également constaté en grand à Tocco Casauria, où on l'a utilisé même artificiellement en introduisant de l'eau dans les grottes et fissures des roches pour activer le débit des sources naturelles d'eau pétrolifère.

b) *Fosso delle Petrolie*. — Dans le fossé des Petrolie se trouvent les marnes inférieures au calcaire de la Casetta et la mollasse pétrolifère.

Cette mollasse, évidemment miocénique, est de couleur bleu verdâtre à gros grains. On la voit apparaître le long du ruisseau.

En donnant un coup de pioche, l'on voit suinter le pétrole, et en envoyant de l'eau dans le petit trou, le pétrole noir vient tout de suite surnager sur l'eau.

c) *Fosso dei Ponticelli*. — A l'Est de la Casetta delle Petrolie on trouve le fossé nommé de Ponticelli, affluent du fossé de la source des Petrolie.

Sur la rive droite de ce fossé l'on voit des dépôts de produits volcaniques alternés avec cendres, lapilli et scories, qui viennent du volcan de Pofi avec des morceaux de calcaire de la localité même.

En remontant le fossé apparaissent sur les deux côtés les marnes et argiles miocéniques qui ont une odeur pénétrante de pétrole. En remontant encore le fossé apparaît au-dessous de la marne un grand banc de mollasse qui a une odeur pénétrante de pétrole.

B) *Vallée ou contrée delle Fontanelle*. — Suivant la route de San Giovanni l'on arrive à l'endroit de Malandrucchio, d'où l'on descend dans la vallée des Fontanelle, où coule le fossé affluent du fossé Carpineto.

Dans un petit ruisseau affluent de droite du fossé des Fontanelle l'on voit affleurer les schistes argileux qui donnent une odeur pénétrante de pétrole.

Près du fossé des Fontanelle, dans le fond qui appartient à François Reina, a été percé, il y a plusieurs années, un puits dans l'espoir d'y rencontrer une bonne eau potable.

Le puits atteint la profondeur de 20 m. environ et l'eau fut trouvée, mais elle n'était pas potable, car elle était mélangée à une quantité considérable de pétrole.

Rien que par cet examen superficiel nous avons vu que la présence du pétrole est constatée aux sondages des Petrolie, au torrent des Petrolies, au torrent des Ponticelli et au torrent des Fontanelle, par conséquent en des endroits qui se trouvent à une distance considérable les uns des autres.

Cela suffit pour établir que l'imprégnation pétrolifère occupe

une très grande étendue, c'est-à-dire la plus grande partie de la concession.

La disposition particulière des lieux et des torrents se prête aussi très bien à l'attaque des sondages en plusieurs points, tous favorables et éloignés entre eux de manière à pouvoir explorer facilement toute la concession par une série bien ordonnée de trous de sonde.

EXPLOITATION DE LA MOLLASSE PÉTROLIFÈRE.— J'ai signalé la présence d'une couche de mollasse imbibée de pétrole, qui affleure dans la vallée de Pocomare, le long du torrent du Petrolie et dans celui des Ponticeli.

La distance qui existe entre ces deux torrents assure à cette couche de mollasse une étendue considérable. Sa puissance est de 3 m. environ et sa teneur en pétrole varie de 3 à 8%. Nous sommes par conséquent en présence d'un gîte bitumineux d'une importance considérable, affleurant au jour en deux points bien placés.

L'extraction du bitume de cette mollasse si superficielle par des sondages ou par des puits ordinaires ne paraissant pas être bien pratique, il y aurait lieu d'étudier s'il peut y avoir avantage à l'exploiter directement comme roche pour en extraire l'huile par liquation.

Un traitement de ce genre est pratiqué aujourd'hui aux mines d'asphalte de Manoppello et Lettomanoppelo, en province de Chieti, où en dehors des roches asphaltiques et bitumineuses, l'on retire une certaine quantité de roche calcaire huileuse tenant de 14 à 20% d'huile brute.

Cette roche est liquatée sur la place même de la mine et l'on en retire 6 à 12% d'huile brute bitumineuse, analogue au pétrole brut de la vallée de Pocomore.

Les foyers des chaudières où s'effectue la liquation sont alimentés par la roche épuisée sortant des chaudières mêmes, et qui tient encore assez d'huile pour entretenir la combustion.

Aux Petrolie l'on pourrait faire quelque chose d'analogue, quoique la roche ne soit pas la même. Je crois même que la mollasse, qui à la chaleur se désagrège bien, se laisserait épuiser facilement dans les chaudières de liquation en donnant la presque totalité de l'huile qu'elle contient.

L'huile retirée du traitement de la mollasse est tout à fait iden-

tique à celle qui vient des sondages profonds et subirait par conséquent la même traitement à la distillerie.

COMPOSITION INDUSTRIELLE DU PÉTROLE.— Le pétrole de la vallée de Pocomare est lourd, bitumineux, d'une couleur noire absolue, sans transparence ni reflets.

Sa densité est de 0,9555 à 15° et par conséquent il se sépare difficilement de l'eau.

Une première analyse faite par M. GUIDI, ing., en 1870 donne pour résultat :

Huiles légères	0
Huile lampante	50
Huile lourde et goudron	<u>50</u>
	100

Ces résultats sont trop sommaires.

La composition industrielle déterminée sur l'échantillon pris par moi-même en 1900 au puits de Petrolie par le prof. GIACOMELLI est la suivante :

Huile légère	0
Huile éclairante	24
Huile lubrifiante	20
Huile lourde et bitume	52
Charbon résidu	<u>4</u>
	100
Soufre	1,70

Ces résultats, obtenus avec l'appareil d'ENGLER, nous montrent la qualité et la proportion des produits que l'on pourra obtenir de ce pétrole par son traitement à la distillerie, et nous font voir que ce pétrole est très bien approprié à la production d'huiles lubrifiantes de 1^{ère} et 2^{ème} qualités et des huiles lourdes pour la production du gaz riche.

Le pétrole de Ripi (Valle di Pocomare) est analogue à celui de San Giovanni Incarico et de Tocco Casauria, en province de Chieti.

En effet, leur aspect physique est identique, c'est-à-dire qu'ils ont tous un aspect noir, dens., bitumineux et se séparent difficilement de l'eau.

Leur densité est la suivante.

Pétrole de S. Giovanni Incarico . . .	0,966	0,978
Pétrole de Ripi	0,9655 à 15 ^o	
Pétrole de Tocco Casauria		
Retiré des sources naturelles	0,992	1,050
Retiré des sondages	0,950	
Pétrole de Koubars (mer Morte) . . .	0,950	0,960
Pétrole de Zante	1,020	
Pétrole de Pechelbronn (Alsace) . . .	0,912	

J'ai mis en regard la densité des pétroles lourds de Koubars et Pechelbronn, avec lesquels nos pétroles lourds de l'Italie méridionale ont une grande affinité.

Au point de vue de la composition industrielle le pétrole de Ripi a plus d'analogie avec celui de Tocco qu'avec celui de San Giovanni Incarico, car les deux premiers donnent respectivement 24 et 26% d'huile d'éclairage, tandis que le dernier n'en donne presque pas.

J'ai mis dans le tableau suivant les données relatives à la composition industrielle des pétroles de l'Italie méridionale :

COMPOSITION INDUSTRIELLE DES PÉTROLES
DE L'ITALIE MÉRIDIONALE

	Ripi Frosinone (Giaco- melli)	S. Giovanni Incarico (Caerta)		Tocco di Casauria (Chieti)		Avinio Frigento Avellino
		Strep- pelmann	Spind- ler	Super- ficiel lourd	Profond léger	
BENZINE						
Huiles d'éclairage	24,00	1,00	1,50	2,00	25,00	65,00
Huile pour gaz riche		39,00	21,00			
Huile lubrifiante I	20,00	19,00	23,00			20,00
Huile lubrifiante II	52,00	20,00	26,00	98,00	75,00	10,00
Bitume et asphalte		11,00	16,00			5,00
Charbon	4,00					
Perte		10,00	9,50			
Soufre	100,00 1,70	100,00 1 à 2	100,00 1	100,00 4,20 (1)	100,00 4,20 (1)	100,00
Densité	0,965 à 15 ^o	0,966 - 0,978	0,950 - 0,970	0,975 - 1,010	0,952 - 0,968	

(1) Moyenne de 3 essais.

Par l'examen du tableau l'on voit que le pétrole de Ripi donne à la distillation une proportion convenable d'huile éclairante ou kerosène et d'huiles lubrifiantes, de manière à permettre un traitement industriel rémunérateur.

Le résidu pourra être encore utilisé pour en extraire des huiles lubrifiantes lourdes et enfin ce qui reste pourra être employé comme combustible dans la raffinerie même.

En comparant les produits de ce pétrole de Ripi à ceux des autres localités, l'on peut établir que ce pétrole a beaucoup de ressemblance avec celui de Tocco provenant des puits et avec celui d'Alvino, par la proportion de kerosène et d'huiles lubrifiantes qu'ils contiennent.

Au contraire, le pétrole de S. Giovanni Incarico et celui de Tocco venant de la surface ne donnent pas à la distillation de kerosène et peuvent être utilisés seulement pour la préparation des huiles à gaz et des huiles lubrifiantes.

SOUFRE CONTENU.— La teneur en soufre des hydrocarbures liquides naturels n'a été étudiée que très imparfaitement, c'est pourquoi nous ne possédons à cet égard que des données peu nombreuses et souvent mal établies.

Pour donner une idée de la teneur en soufre des principaux hydrocarbures naturels de la famille du pétrole, j'ai réuni ici les données obtenus par différents chimistes.

Par l'examen de ce tableau l'on voit que la teneur en soufre augmente avec la densité des pétroles et bitumes et qu'il se concentre dans les résidus de plus en plus stables.

Cela prouve que le soufre se trouve dans les pétroles bruts dans un état de combinaison bien fixe.

Les dernières recherches sur le pétrole brut naturel très lourd de Tocco de Casauria (Chièti) nous montrent comment, par des recherches spéciales, l'on arrive à trouver que la quantité de soufre contenue dans les pétroles est bien supérieure à celle que l'on supposait autrefois.

De même, les déterminations du soufre contenu dans les pétroles de Ripi et de San Giovanni Incarico sont aussi modernes et faites par des chimistes renommés.

Il en résulte que le pétrole de Ripi contient une proportion de soufre inférieure à 2^o%, analogue à celle contenue dans le pétrole de San Giovanni Incarico, et cette quantité de soufre

SOUFRE CONTENU DANS LES HYDROCARBURES NATURELS

PÉTROLES LÉGERS BRUTS	Teneur en Soufre %	Chimiste
Pétrole de Pensylvanie (Oil city)	0,553	
" Ohio (Trenton Limestone)	0,500 - 0,600	ORTON
" " (Lima)	1,000	"
" Canada (Petrolie)	0,920 - 0,930	MABERY
" " Gaspé (surface)	0,174 - 0,200	REDWOOD
" " Gaspé (puits)	0,090	"
" Bakou	0,064	OGLOBLIN
" "	0,290	"
" Havre (Peine)	0,077 - 0,085	KRAMER
" Alsace (Pechelbronn)	0,130 - 0,174	"
PÉTROLES LOURDS BRUTS		
Pétrole d'Italie, S. Giov. Incarico (Petrolara)	1,020 - 2,000	SPINDLER
" " Ripi (Petrolie)	1,700 - 2,000	GIACOMELLI
" " Tocco Casauria sources	3,170 - 4,710	"
" " " " puits	3,860 - 4,600	"
" Algérie - Oran	2,190	REDWOOD
" Bakou - (Kirghiz steppes)	1,870	OGLOBLIN
BITUMES NATURELS		
Bitume de la Trinité (La Braie)	10	
Lac Asphaltique	8,78 - 10	HESSE
Amérique (?)	10,85	"
Alsace-Lorain	5,00	"

peut être aisément éliminée dans la distillation comme nous l'allons voir.

La présence du soufre dans le pétrole brut est nuisible, car ce métalloïde, au lieu de rester comme résidu dans la chaudière, passe dans les produits de la distillation.

En effet, le pétrole de Lima, dans l'Etat d'Ohio (Etats-Unis), à cause de sa forte teneur en soufre fut pendant longtemps utilisé seulement pour le chauffage.

Le soufre se trouve dans les pétroles naturels sous des états bien différents. MABERY et SMITH ont trouvé que dans le pétrole de l'Ohio le soufre se trouve à l'état de sulphides de la série méthylique et éthylique. KRAMER est d'avis que le soufre se trouve dans des combinaisons thiophéniques dont MEYER nous a fait connaître l'existence et les réactions caractéristiques avec le chlorure d'aluminium, qui précipite le soufre. HAGEN a trouvé que plusieurs pétroles américains contiennent des quantités considérables de sulphure de carbone. NANRATIL trouva de

l'hydrogène sulfuré dans le pétrole de Galicie; et enfin RÖTTGER trouva que le pétrole de Pensylvanie abandonne entre 55° et 65° par distillation une matière blanche qui correspond à la formule $C_5H_{10}SO_3$.

Indépendamment de l'état sous lequel le soufre se trouve dans les pétroles naturels, il est un fait déterminé par MABERY et SMITH que le soufre contenu dans le pétrole de Lima dans l'Ohio, qui, par ses caractères, ressemble le plus aux huiles lourdes de l'Italie méridionale, passe dans les produits de la distillation entre 200° et 300° C.

Par conséquent le soufre passe dans la série des huiles éclairantes, dont l'emploi serait par trop gênant à cause de l'odeur caractéristique d'hydrogène sulfuré qui se répandrait au moment de l'allumage des lampes.

Élimination du soufre.— Il est donc nécessaire de débarrasser le pétrole du soufre qu'il contient et l'on y arrive soit en introduisant un alcali dans l'alambic de distillation, soit en traitant les huiles éclairantes brutes par l'acide sulphurique d'abord et par une lessive alcaline après.

En présence de l'alcali le soufre donne un sulfate stable qui reste comme résidu dans la chaudière.

A la distillerie de S. Giovanni Incarico, où l'on produit seulement des huiles lourdes, l'on obtient ce résultat en introduisant dans l'alambic de distillation une proportion de 2% de chaux, qui est suffisante à fixer le soufre à l'état de sulphure et sulfate de chaux.

Dans la distillerie de la Scafa à San Valentino, où l'on produit de l'huile d'éclairage, l'on suit le procédé MAC IVOR, qui consiste à introduire dans l'alambic avec le pétrole 5% de soude. Il se forme du sulfure de sodium que l'on retire et qui peut être traité ensuite pour la récupération d'une partie de la soude.

Gisement pétrolier de Strangolagalli.— Au sud de ce village l'on a fait autrefois des travaux de recherches pour pétrole aux endroits nommés Mola Nuova, Colle Tornaturo et le long du fossé dit dei Prati, près de la route qui va de Strangolagalli à Frosinone.

J'ai parcouru une bonne partie du torrent des Prati, aux endroits où l'on a fait des petits sondages pour la recherche du pétrole, et j'ai pu constater seulement que l'on voit affleurer dans le torrent les mêmes terrains que dans la vallée de Pocomare.

Pour reconnaître la valeur de ces terrains, il faut avoir recours à des sondages.

Gisement pétrolifère de Monte San Giovanni Caulpano. — À l'endroit appelé Riuccio, dans la vallée de l'Amaseno, l'on connaît depuis longtemps la présence du pétrole par des suintements huileux venant des mollasses et marnes sableuses miocéniques de cette région.

Des travaux de recherche furent entrepris il y a longtemps, mais sans importance, et ils ne donnèrent pas de résultats concluants.

Il paraît que récemment l'on a repris ces recherches.

V.

GISEMENTS D'ASPHALTE.

GÉNÉRALITÉS. — L'étude lithologique et chimique des roches a montré clairement que les hydrocarbures naturels liquides ou solides se trouvent diffusés dans presque toute l'écorce terrestre.

La présence du pétrole a été démontrée dans presque tous les étages géologiques, depuis le sylurien du Vénézuéla, le carbonifère de la Pennsylvanie, le jurassique du Texas, jusqu'au tertiaire de Bakou, de Galicie, de Roumanie et d'Italie.

De même les bitumes se montrent à plusieurs niveaux géologiques et se trouvent imprégner les roches les plus variées.

En effet, tandis que les gisements asphaltifères du Hanovre et du Tyrol doivent être rapportés au terrain jurassique, ceux classiques de Seyssel (Haute-Savoie) et de Val de Travers (Neuchâtel) appartiennent au crétacé supérieur.

A ce niveau appartiennent de même plusieurs gisements de la vallée du Liri, tandis que ceux renommés de Raguse (Sicile), de San Valentino (Chieti) et de l'Amaseno sont compris dans les couches du tertiaire moyen et supérieur.

Au point de vue lithologique, la nature des roches imbibées de bitume est très variée. Ainsi, tandis que dans les gisements jurassiques et crétacés le bitume est associé au calcaire (Ha-

novre, Seyssel, Val de Travers, Liri), dans les gisements tertiaires nous le voyons associé soit au calcaire éocène et miocène (San Valentino, Ragusa), soit au grès et à l'arkose (Auvergne, Dax, Aix), soit aux argiles et mollasses du miocène et du pliocène comme à l'Amaseno (Liri).

Mais la roche qui de préférence semble retenir le bitume est le calcaire, et l'on peut dire qu'il n'y a pas de calcaire qui ne contienne du bitume ou des matières organiques.

Sur ce point très important, une lumière toute spéciale nous est apportée par les expériences de DAUBREE, qui a montré comment la craie peut fixer de 17 à 24% de bitume, tandis que le grès n'en fixe que 8% dans les mêmes conditions.

Or, si l'on examine la série de calcaires de la région du Liri Garigliano, analysés par FERRERO, l'on trouve que tous tiennent du bitume diffus dans la masse en quantité plus ou moins considérable. En effet, FERRERO a trouvé les chiffres suivants :

	<u>Teneur en bitume</u>
Calcaire de Arienzo	0,11 %
" Roccasecca	0,17 "
" Itri	0,52 "
" Cuccagna	0,66 "
" Maddaloni	0,77 "
" Castelforte et Sujo	3 à 8 "
" Palma Compania	4 à 5 "
" Massico	6 à 8 "
" Colle San Magno	5 à 11 "
" Collepardo	8 "
" Campoli	10 à 11 "

A ce fait, il faut ajouter la remarque fondamentale que les calcaires du jura-lias, du crétacé et du tertiaire sont non seulement très fossilifères, mais représentent le siège préféré de certains fossiles qui aiment à vivre par colonies ou en bancs, à cause de leur prodigieuse fécondité, de manière à former par endroits des agglomérations immenses de matière animale.

Tels sont les poissons et les ammonites pour les calcaires du jura-lias, les rudistes, les caprotines, les requins pour les calcaires du crétacé supérieur, et les huîtres avec une grande série de lamellibranches pour les calcaires tertiaires.

Or, si l'on tient compte de la masse énorme de matière ani-

male qui s'est trouvée accumulée dans ces calcaires là où les colonies étaient le plus nombreuses, si l'on tient compte des fossiles bituminisés décrits par JACCARD, des polypiers pleins de bitume vus par FRAAS sur les bords de la mer Rouge, des rudistes remplies de bitume de Cervaro, près de Cassino, dans notre bassin du Liri; si l'on tient compte de l'expérience classique de ENGLER, qui, en chauffant pendant longtemps et sous une forte pression de l'huile de poisson, en a retiré une matière analogue au pétrole naturel, l'on est porté à croire que le véritable gisement primitif des hydrocarbures naturels se trouve dans certains calcaires, spécialement ceux du carbonifère, du trias, du jurassien, du crétacé et du tertiaire, et que leur origine est due à l'oxydation et à la transformation des matières organiques animales.

Enfin, comme distribution géographique de ces hydrocarbures naturels, il est à remarquer que tandis que les pétroles, généralement légers, occupent une vaste zone dans l'Italie septentrionale à la partie orientale des Apennins, entre Imola et Voghera, au contraire dans les vallées du Pescara et du Liri et dans la Sicile, l'on rencontre les gisements de bitume liquide et d'asphalte qui représentent un degré supérieur d'oxydation.

En réfléchissant sur ce fait, l'on serait porté à croire que la vaste zone volcanique qui depuis Rome s'étale dans l'Italie méridionale et passe en Sicile a pu avoir une action de concentration et oxydation des hydrocarbures, tandis que cette action a fait défaut dans l'Emilie et le Piémont, où abondent les pétroles légers.

L'Italie présente une grande variété de gisements asphaltifères qui se trouvent réunis dans la partie méridionale de la péninsule et dans la Sicile.

Cette île nous offre le gisement le plus important aux environs de Raguse, où le bitume vient imprégner les calcaires miocéniques.

Une seconde région occupe une vaste étendue dans les calcaires miocènes aux environs de Manoppello et San Valentino, dans la vallée du Pescara, un peu en aval du gisement pétrolifère de Tocco Casauria.

Une troisième région, enfin, est celle du bassin du Liri, dont nous allons nous occuper.

D'autres gisements, pas encore bien connus, sont ceux de

Laviano, province de Salerno, et ceux de Bolognano et Lambo d'Asino, province d'Aquila.

Dans le bassin du Liri les asphaltes occupent plusieurs niveaux.

Leur gisement classique est dans les calcaires bréchiformes du crétacé supérieur (Urgonien, comme à Collepardo, Atina, Cervaro, etc.), mais on les retrouve dans les calcaires éocéniques de Castro, dans les calcaires marneux miocéniques de l'Amaseno et dans les marnes, mollasses et argiles du miocène et du pliocène de l'Amaseno.

Un essai de classification géologique de ces gisements est donné dans le tableau suivant.

CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE
DES GISEMENTS ASPHALTIFÈRES DE L'ITALIE

ÉTAGES GÉOLOGIQUES	ROCHE	LOCALITÉ
Pliocène	Marnes et argiles fossilifères	Amaseno (Liri)
Miocène	{ Marnes, Mollasses, Calcaire marneux à <i>Lithothamnium</i> Calcaire à <i>Clypeastres</i>	Amaseno S. Valentino (Pescara) Ragusa (Sicile)
Éocène	{ Calcaire marneux Calcaire cristallin	Amaseno Colle della Pece (Castro)
Crétacé (Urgonien) .	Calcaire bréchiforme à <i>Rudistes, Caprotines</i>	{ Colle S. Magno Atina Cervaro Trisulti Veroli Bauco
Jura-Lias.	Calcaire schisteux à poissons et ammonites	Campoli Appennino
Trias	Dolomie	Filetino

L'on a constaté dans tous ces gisements que les imprégnations asphaltifères sont surtout concentrées dans les zones de calcaire bréchiforme, et l'on a reconnu que ces roches forment des sortes de dyques ou filons.

Il est évident que ces colonnes de calcaire bréchiforme se sont produites au moment du soulèvement des Apennins et correspondent à des lignes de moindre résistance ou à des synclinales ou anticlinales. La matière bitumineuse s'est concentrée et déposée de préférence dans ces colonnes, qui représentent le milieu d'une plus grande porosité, plutôt que dans le calcaire compact.

Ces colonnes de calcaire bréchiforme représentent pour les bitumes ce que les lignes de fracture synclinales et anticlinales des massifs calcaires (oil lines des américains) représentent pour les pétroles de la Pennsylvanie, c'est-à-dire le dépôt primitif et naturel de ces hydrocarbures.

Les gisements asphaltifères des bassins du Liri se partagent en deux groupes différents, dont le premier, celui de la Valle latina, a son centre à Frosinone et comprend les gisements de Castro dei Volsci, Bauco, Monte San Giovanni, Campeno, Veroli, Collepardo, tandis que le second est compris dans la Terra di Lavoro et se développe dans la région de Sora, comprenant les gisements de Monte Grande, Colle San Magno, Santo Padre, en Atina, en Campoli Appennino, Capistrello et Pescina.

Nous allons donner quelques renseignements sur tous ces gisements.

GISEMENT DE COLLEPARDO

Le village de Collepardo se trouve à la distance de 20 kilom. au Nord de la gare de Frosinone en passant par Alatri.

À la distance de 1 kilom. du village se trouve la célèbre Grotte de Collepardo et le Pozzos Santullo, dont nous avons parlé dans la première partie de ce travail.

Une autre curiosité du pays est l'Abbaie de Trisulti, qui se trouve à la distance de 5 kilom. au NE du village de Collepardo.

Aux environs, l'on connaît des gisements de Limonite sur lesquels l'on a fait autrefois des recherches.

A un demi-kilomètre de l'Abbaie, aux endroits appelés Peschio Fornillo et San Domenico, à une hauteur de 900 m., l'on a entrepris à différentes époques l'exploitation de l'asphalte.

Le gisement est formé par de puissantes assises de calcaire marneux du crétacé (urgonien), qui présentent parfois comme des filons de calcaire bréchiforme qui est imprégné de bitume.

La direction générale des couches est au NO et leur inclinaison est au Sud.

L'exploitation de ces gisements a passé par des périodes d'une activité considérable.

Les premiers travaux remontent à la fin du 18-ème siècle. En 1763 l'on découvrit près du Ponte dei Santi une série de 12 pots remplis de bitume extrait évidemment du gisement.

SPADONI en 1802 nous fait connaître que l'on y travaillait de son temps.

En 1856, le Pape Pie IX concéda un permis temporaire d'exploitation de l'asphalte. Depuis, l'on eut plusieurs requêtes et plusieurs permis d'exploitation.

Vers 1870, la production fut de 1000 tonnes de bitume, qui fut vendu au ministère des armes à Rome, au prix de 80 livres par tonne rendue à Rome.

Le gouvernement italien accorde enfin, le 19 mars 1874, une concession régulière de la mine.

Cette concession a une étendue de 209 hectares.

En 1882 la production était toujours de 30 tonnes de bitume par mois.

GISEMENT DE VEROLI

Cette ancienne ville des Ernici, dont les murs cyclopiques rappellent la valeur de ce peuple guerrier, se trouve au NE de Frosinone à la cote de 664 m. sur le contrefort méridional du Monte Cartellone (776 m).

L'on s'y rend de Frosinone soit en prenant la route de Bauco, soit celle de Alatri, que l'on quitte à Maggione.

La colline sur laquelle est bâti Veroli est formée par des bancs calcaires que l'on doit rapporter à l'urgonien, à cause des rudistes qu'ils contiennent.

En suivant la route qui descend à Alatri, près de la Fontaine Pedicosa, l'on voit affleurer des bancs d'un calcaire gris jaunâtre, bréchiforme à nummulites, qui repose sur le calcaire à rudistes.

Le gisement asphaltifère qui se trouve aux environs de Veroli a été étudié en 1853 par PONZI et CARPI pour le compte du gouvernement du Pape.

GISEMENT DE BAUCO

Le village de Bauco (487 m.) se trouve dans la vallée de l'Amaseno, bien connue pour l'importance de ses gisements asphaltifères, sur la droite du torrent, presque en face du village de San Giovanni, dont nous parlerons plus tard.

L'on s'y rend directement de Frosinone en prenant la route qui mène à Veroli et à Bauco.

Des recherches ont été faites autrefois à l'endroit appelé Colforcone, en contrebas de ce village.

Le gisement se présente sous la forme d'un calcaire schisteux de l'éocène imprégné de bitume.

D'après FUCHS, la teneur en bitume de ce calcaire est de 20%.

GISEMENTS DE L'AMASENO

Monte San Giovanni Campano

Le village de Monte San Giovanni Campano se trouve sur la gauche du torrent Amaseno, à une hauteur de 420 m.

L'on peut se rendre à ce village par trois routes différentes, soit de la gare de Frosinone sur le chemin de fer de Rome à Naples, soit en partant des gares de Fontana ou de Isola, sur le chemin de fer de Arce à Sora.

La vallée de l'Amaseno a sur sa gauche le village de Monte San Giovanni Campano et sur la droite celui de Bauco.

L'ossature des collines à droite et à gauche est formée par le calcaire blanc cristallin du crétacé supérieur (urgonien), sur lequel reposent, des deux côtés, les assises bien développées du tertiaire.

C'est dans ces terrains que se présente le gisement asphaltifère dit de l'Amaseno. Il a été étudié récemment par CACCIAMALI au point de vue géologique, et par FUCHS et BALOLACCI dans un but industriel.

Aperçu géologique. — Le calcaire crétacé apparaît seulement au sommet des collines et est analogue aux assises de calcaires cristallins glauconieux caractéristiques de l'Urgonien.

L'éocène est représenté par un calcaire schisteux souvent bituminifère, et par un calcaire arénacé dans lequel l'on trouve des trous de lithophages.

Dans ces calcaires arénacés, CACCIAMALI a trouvé des exem-

plaires d'*Ostrea crassissima* et un polypier, ce qui pourrait le faire rapporter à l'oligocène.

Le miocène paraît être représenté par des marnes sableuses dans lesquelles MELI a déterminé une faune à faciès miocénique, tels que *Pinna*, *Ostrea*, *Cardium*, *Conus*.

Le pliocène inférieur est représenté par les marnes bituminifères du Piacentien, dans lesquelles CACCIAMALI a déterminé les fossiles suivants:

Strombus coronatus DeFr.

Cerithium minus de Serres.

A l'entrée d'une galerie percée pour l'extraction de l'asphalte, le même géologue a recueilli des exemplaires de *Arca*, *Cardium*, *Luiraria*, *Venus*, *Solen*.

Dans une carrière de marne non bituminifère employée pour tuiles, CACCIAMALI trouva des exemplaires de *Cardium*, *Lucina* et des *Spatangus*.

Sur les marnes du Piacentin repose une formation très étendue de sable et mollasses d'une couleur jaunâtre et bleuâtre que l'on peut rapporter à l'Astien.

Parfois ces mollasses prennent une couleur noirâtre due à l'imprégnation de bitume et forment alors un véritable asphalte naturel. Dans ces mollasses, CACCIAMALI a trouvé des *Ostrea*, *Pinna Brocchii* d'Orb., *Modiola*, *Solen*, *Venus*, *Lucina*, *Pectunculus*, *Cardium*, *Natica*, *Nassa*.

Sur cette mollasse de l'Astien repose un poudingue arénacé du Villafranchien dans lequel CACCIAMALI a trouvé une *Arca (Barbatia)*.

Ces terrains forment le remplissage et les flancs (côtés) de la vallée de l'Amaseno et on les voit affleurer dans les escarpements du torrent.

Les marnes grises ont une puissance de 30 m., le conglomérat siliceux en a une de 4 m. et les mollasses ont une épaisseur de 12 m.

Les travaux de recherches de l'asphalte, dans la vallée de l'Amaseno eurent leur commencement, vers 1880, en plusieurs endroits, nommés Cerreto, Collano, Riuccio, Fratta dei Santi à une hauteur de 300 m. environ et à 2 kilom. au Sud du village de Monte San Giovanni Campano.

Gisement asphaltitifère. D'après M. BALDARRI le bitume est contenu dans trois gisements bien différents, c'est-à-dire :

1° Dans le calcaire du crétacé supérieur, qui forme le squelette des montagnes avoisinantes.

Il constitue alors le calcaire bitumineux ou asphalte naturel.

2° Dans les argiles et marnes sableuses du miocène supérieur en forme d'imprégnations ou concentrations bituminifères et pétrolifères.

3° Dans les mollasses et poudingues pliocéniques cimentées par le bitume.

Il paraît que l'imprégnation bituminifère a eu lieu à l'époque pliocène, en produisant les différentes qualités de minerai.

Les calcaires, très fissurés par les actions de soulèvement, présentent des colonnes bréchiformes où l'imprégnation bituminifère s'est faite de préférence. Dans les argiles et les marnes l'on rencontre des imprégnations d'hydrocarbures légers et liquides ou des bitumes solides en veines ou nodules.

Enfin, dans les mollasses et grès facilement perméables, l'imprégnation bituminifère a été plus étendue et plus régulière.

En résumé, l'on a des concentrations bituminifères de forme irrégulière indépendante de la stratification dans les calcaires, des veines et rognons dans les argiles, des bancs bituminifères dans les grès, et enfin l'on a des marnes sableuses imbibées de pétrole.

Les imprégnations de bitume dans le calcaire produisant l'asphalte naturel s'observent à Cerreto, à Collano et à Fratta dei Santi; les veines et rognons dans les argiles à Fratta della Torre; les mollasses cimentées par le bitume dans le haut de la colline de Cerreto et sur la rive gauche du torrent Amaseno; enfin les marnes sableuses pétrolifères se rencontrent à Riuccio.

A Cerreto, les calcaires bituminifères affleurent à petite distance de l'Amaseno et sont dirigés NE avec inclinaison Est.

L'on y a pratiqué une tranchée de 50 m. de longueur en mettant à découvert une masse considérable d'asphalte. Elle se trouve bien placée, à proximité du torrent, le long duquel l'on devra installer la voie de communication.

A Collano, sur la colline à droite de l'Amaseno, les assises calcaires imprégnées de bitume sont recouvertes d'une couche stérile. Leur direction est la même qu'à Cerreto, c'est-à-dire Nord-Est, et l'inclinaison de même vers l'Est. Le gisement a été mis à découvert par une série de tranchées qui mon-

trent une masse asphaltifère ayant une puissance de 15 m.

A Fratta dei Santi, le calcaire asphaltifère présente une masse considérable, ayant une puissance de 40 m. et une étendue superficielle de un hectare et demi. Ce minéral est propre pour la fabrication du mastic d'asphalte.

A Fratta della Torre, les argiles miocéniques présentent des veinules de bitume. L'on a reconnu le gisement par une tranchée de 16 m. de longueur et une galerie ayant 10 m. de longueur. L'allure de la bande d'argile imprégnée est dirigée Nord-Sud et la masse bitumineuse, à l'avancement de la galerie, montre une puissance de 3 à 4 m., avec veinules irrégulières et concentrations riches.

Les sables et poudingues pliocéniques imprégnés de bitume ornent des gisements superficiels qui ont été reconnus et mis en évidence dans la partie supérieure du Colle di Cerreto, où l'on a constaté une minéralisation ayant une puissance de un m. avec une direction Nord-Est et une inclinaison Nord-Ouest. A la partie inférieure du même Colle di Cerreto, sur la gauche du torrent Amaseno, l'on a constaté un gisement analogue.

Ces deux gisements pourront donner lieu à une exploitation très profitable, à cause de la teneur élevée en bitume et de la facilité de l'exploitation.

Dans les marnes sableuses de Riuccio l'on tenta un puits pour la recherche du pétrole. L'on a atteint une profondeur de 12 m. sans résultat.

Les teneurs en bitume des minerais décrits, déterminées par RAGAZZONI à l'Ecole d'application des ingénieurs de Turin, sont les suivantes :

Calcaire bitumineux de Collano (asphalte)	2,75	%	de bitume
" bitumineux de Fratta dei Santi	4,20	"	"
Argile bitumineuse de Fratta della Torre	15,—	"	"
Mollasse bitumineuse de Cerreto Civitella	5,50	"	"
" " de Cerreto	1,—	"	"

M. E. FUCHS, qui a visité ces gisements en 1874, a constaté qu'une puissante imprégnation a traversé les différents terrains existants dans la vallée de l'Amaseno sous forme de cheminées plus ou moins riches, suivant l'état physique et la perméabilité des roches.

Les teneurs qu'il donne sont les suivantes :

Calcaire bituminifère de Collano . . .	6 ⁹ / ₈	de bitume
Argile de Cerreto	60 à 80	" "
Creux bitumineux riche	40	" "
" " ordinaire	20	" "
Sable argileux pauvre (Tuffi) . . .	6	" "

BIDOU (1877) a également visité ce gisement et a constaté que dans la vallée de l'Amaseno les imprégnations bituminifères atteignent une puissance de 50 m.

Suivant cet auteur, le calcaire marneux de Collano et Fratta dei Santi, sur la droite de l'Amaseno, a une teneur de 12 à 15⁹/₈ en bitume.

Traitement. — Le traitement de la roche asphaltifère varie suivant sa nature.

En effet, d'un côté l'on a un calcaire imbibé de bitume, qui se sépare bien de la roche par simple liquation, tandis que d'un autre côté l'on a des argiles et des mollasses bitumineuses qui tiennent le bitume intimement associé et qui ne se séparent pas par simple liquation.

La liquation de la roche calcaire s'opère dans les chaudières usuelles en fonte, et l'usine de l'Amaseno possède une batterie de 6 fours avec 12 chaudières.

L'on en retire l'asphalte en pains, qui se vendent à raison de 50 livres la tonne, sur place.

Pour le traitement des minerais à gangue argileuse et gréseuse, M. SERPIERI installa en 1887 une usine à sulfure de carbone. Le sulfure dissout le bitume dans des chaudières fermées et ensuite, soumis à la distillation, abandonne le bitume pur et se condense de nouveau.

Théoriquement, l'épuisement de la roche devrait être complet sans perte de sulfure. En pratique, l'on a toujours des pertes, ce qui rend le traitement assez coûteux.

Le bitume pur produit est très apprécié par le commerce et vaut 200 Lires la tonne. Le résidu gréseux sert à la confection des pierres artificielles, si recherchées pour le pavage.

GISEMENT DE CASTRO DEI VOLSCI

(Colle della Pece)

Les collines au Nord du village de Castro dei Volsci (385 m.) contiennent des gisements d'asphalte, de lignite et une eau

minérale sulfureuse appelée Acquapuzza (eau qui pue) à cause de son odeur désagréable.

Le gisement d'asphalte se trouve à la distance de deux kil. de la gare de Pofi-Castro, sur le chemin de fer de Rome à Naples, dans les collines dites de l'Acquapuzza et Colle della Pece (210 m.) (col du pois.).

D'après SPADONI, l'exploitation de l'asphalte était déjà active en 1796.

La roche calcaire imprégnée de bitume était concassée et chauffée dans une chaudière en cuivre pleine d'eau, qui servait à faire fondre le bitume qui venait nager sur l'eau.

Avec une spatule en bois, l'on récoltait le bitume pour en former des gâteaux sous le nom de Pece de Castro.

A cette époque, son emploi était très répandu dans la médecine et son prix était de 6 frs. 80 c. par kilogramme.

Cette vertu médicinale supposée, qui avait déjà été contestée par DIOSCORIDE car: *Antiquitus enim nullas. Pissas phalto vires in medicina fuisse (ut nenunc quidem ex Dioscoride satis constat)* (Mercati Metall. Vatic), a trouvé pourtant des adeptes jusqu'à nos jours.

De nos temps ce gisement a été étudié par FOETTERLE en 1871 et par VIOLA en 1893.

Les collines de Castro dei Volsci (385) et de Poggio St. Angelo (525), faisant partie de la chaîne des Lepini, sont formées par les assises du crétacé représenté ici par le calcaire urgonien, dont les couches ont leur pendage vers le Sacco.

Sur ces calcaires vient s'appuyer en concordance de stratification la formation éocène qui occupe les collines de Colle della Pece (210), Colle Cavallo (180), Colle le Mandre et Acquapuzza.

Cette formation du tertiaire inférieur est composée de couches alternantes de calcaire compact, calcaire marneux, marnes, grès gris, schiste argileux.

Ces couches ont une direction générale EO parallèle au Sacco et un pendage vers le Nord.

En s'approchant de la rivière, elles ont une forte pente, qui atteint 70°.

Les marnes qui recouvrent les calcaires compacts forment le niveau supérieur de l'éocène (et qui, peut-être, devraient être rapportées au miocène ou au pliocène) et sont recouvertes par un conglomérat quaternaire formé de fragments de différentes

roches éocéniques mélangées à des roches cristallines telles que granites et syénites.

Les couches calcaires de la partie supérieure de l'éocène, qui ont leur pente directement sur le Sacco, présentent une puissance de 100 m. environ.

Au Colle della Pece, sur le Sacco, parmi ces gros bancs calcaires, l'on rencontre des couches calcaires ayant un aspect altéré et bréchiforme qui sont imprégnées de bitume. Leur puissance est de 0,80 m. à 1,40, la direction EO et le pendage vers le Sacco. On peut les suivre en direction sur une longueur de 2 kilom.

Si, partant de la plaine sur le Sacco, l'on faisait une galerie à travers les bancs, celle-ci devrait rencontrer le gisement asphaltifère avec une longueur de 180 à 200 m.

La teneur de ces brèches calcaires est de 10 à 15% de bitume.

L'imprégnation bituminifère ne se limite pas aux calcaires seulement, elle atteint aussi les roches du toit et du mur, c'est-à-dire les grès et les marnes, mais dans celles-ci la teneur en poudre est bien inférieure à celle des calcaires susdits.

La roche du Colle della Pece se prêterait admirablement, par sa nature et par sa teneur, à la préparation de l'asphalte en poudre et du mastic d'asphalte.

Quant à la force motrice pour travailler cette roche, la rivière du Sacco, qui est à côté du gisement, peut la fournir facilement.

Les transports sont assurés et faciles par la gare de Castro, qui se trouve à la distance de 2 kilom. du gisement.

A l'endroit appelé Campo le Mandre, dans les assises inférieures de la formation éocénique, l'on trouve un gisement de schiste argileux bitumineux qui atteint une puissance de 1,50 m.

Il est caractérisé par des restes de poissons *Ampelides*.

Ce schiste, d'après FOETTERLE, a une teneur de 10 à 14% en bitume.

A plusieurs reprises l'on a fait des travaux sur ce gisement.

Le gouvernement du Pape donna une concession en 1855, en vertu de laquelle des travaux de recherche furent entrepris sous la direction de l'ingénieur VIVIANI.

Cette concession, qui a une étendue de 2218 hectares et une forme rectangulaire, dont le long côté est parallèle au Sacco et à la direction du gisement, a été renouvelée par le gouver-

nement italien à la date du 13 octobre 1855. Depuis cette époque une nouvelle série de travaux fut exécutée sous la direction de CADOLINI. L'on peut constater des attaques entreprises en 12 endroits différents avec plusieurs galeries, dont une a une longueur de 500 m. et une autre de 300 m.

GISEMENT DE CAMPOLI APPENNINO

Le village de Campoli se trouve à l'Est de la villa de Sora, dans la vallée du torrent Lacerno, à la hauteur de 650 m.

En remontant le torrent à l'endroit appelé San Pietro, à 6 kilom. en amont du village, l'on rencontre un gisement de calcaire bitumineux étudié par FERRERO.

Le calcaire est schisteux, noir, bitumineux. Par la cassure il donne une forte odeur de bitume. Par sa schistosité il se fendille en plaques rectangulaires. Sous cette forme il a même eu quelques emplois.

Ces couches calcaires traversent le torrent en assises soit verticales, soit inclinées. Elles sont fossilifères, renfermant des empreintes de plantes et de poissons.

L'on n'y a pas trouvé d'ammonites. Il paraît pourtant que ces calcaires doivent être rapportés au terrain liasique ou jurassique.

La composition de ces calcaires schisteux bitumineux donnée par FERRERO est la suivante:

Chaux	40,50	30,00
Magnésie	0,54	6,03
Alumine, Oxyde de Fer . . .	1,30	4,—
Potasse	1,53	2,65
Soude	0,29	2,28
Acide carbonique	34,50	31,10
Silice hydratée	0,—	2,34
Acide silicique	8,55	8,60
Bitume	12,78	10,—
	<u>99,99</u>	<u>100,—</u>
Eau de carrière		9,40 %
Densité		2,644

Entre les deux échantillons, quoique venant du même gisement, il y a une différence essentielle qui vient de la magnésie et des alcalis. Le premier est un calcaire schisteux, riche en bitume. Le second est un calcaire magnésien aluminifère, riche en alcalis et en bitume.

Si l'accès de la localité était rendu facile, ces gisements auraient certainement une application industrielle.

GISEMENT DE SANTOPADRE

Près de Arpino,

Le village de Santopadre se trouve à la hauteur de 760 m. au Sud de Arpino, station du chemin de fer de Roccasecca à Sora.

Ce gisement a été étudié par CACCIAMALI en 1890. La colline de Santopadre est formée par des assises pliocéniques telles que les poudingues et les marnes bleues du pliocène inférieur. Dans la vallée Contere, à l'est du village, l'on voit affleurer les assises inférieures de ce terrain, au-dessous desquelles l'on voit apparaître un banc de schiste arénacé gris bituminifère que CACCIAMALI rapporte au miocène.

La perte de ce schiste par calcination est de 20⁹/₁₀₀.

GISEMENTS DE MONTEGRANDE

Près de Arce.

La ville de Arce est placée dans la vallée du Liri, sur le chemin de fer qui de Roccasecca remonte la vallée du Liri, passant par Sora et Belsorano et qui rejoint à Avezzano le chemin de fer de Rome à Sulmona et Chieti.

La ville de Arce se trouve à la cote de 230 m. et est surplombée par l'ancienne forteresse de Rocca d'Arce, qui monte à la cote 504.

En face de la ville s'élève au milieu de la plaine une colline isolée dite „Montegrande“, qui est formée par des assises de calcaire urgonien.

Ce calcaire est magnésien, glauconifère, cristallin, d'une couleur blanche opaque, parfois bleuâtre.

Sur les flancs méridionaux de cette colline, dans la région appelée „Colle olivo“, la masse de ce calcaire présente des colonnes de roche bréchiforme et striée, dont les interstices sont remplis de bitume. La teneur de cette roche est de 7 à 14⁹/₁₀₀ de bitume.

GISEMENT DE COLLE SAN MAGNO

Près de Roccasecca.

La ville de Roccasecca se trouve sur le chemin de fer de Rome à Naples et est tête de ligne de l'embranchement qui remonte la vallée du Liri par Sora.

De Roccasecca (205 m.) l'on monte au village de Colle San-Magno, qui se trouve à l'Est à une hauteur de 561 m.

La commune de Colle San Magno possède de vastes étendues de terrains qui se développent au Nord. Dans ces terrains existent deux gisements d'asphalte étudiés par TENORE, COSTA et FERRERO.

Le massif calcaire, qui se développe sur une vaste étendue au Nord de Roccasecca et qui atteint les sommets de Monte Ochio (1115) et Monte Cairo (1669), est formé (comme nous avons vu) par les assises du calcaire cristallin du crétacé supérieur et plus spécialement de l'urgonien.

Ces assises calcaires présentent des failles, des cassures et souvent des dykes remplis par des calcaires bréchiformes imprégnés de bitume; ce sont les gisements d'asphalte. Les affleurements de ces dykes ou filons asphaltiques se rencontrent en plusieurs points séparés entre eux.

Ces imprégnations ont une puissance variable, avec des renflements et des rétrécissements.

A 2 kilom. de Colle l'on rencontre la localité dite *Apero*, où existe un gisement important; un autre affleurement se trouve à l'endroit appelé *Bosco abbaco pilone*; mais les endroits qui ont été l'objet d'une exploitation sérieuse sont ceux de *Pietra Orlando* et *Monticelli*.

En remontant la vallée au Nord du village de Colle San Magno, à 4 kilom. environ de distance et à une hauteur de 570 m., l'on rencontre l'endroit appelé *Pietra Orlando*, dans la colline de *Montegrotte*. Le gisement asphaltique a été mis à découvert sur un front de 0,70 m. le long du sentier qui longe la vallée. Ici les couches calcaires ont une direction NS et une pente de 25—30° vers l'Ouest.

Le second endroit où l'on a constaté un gisement asphaltique d'une importance réelle est celui dit de *Monticelli*, qui se trouve à la hauteur de 740 m. au-dessus de la mine précédente et à la distance de 1 kilomètre de celle-ci et à 5 kilom. de Colle. Le gisements est le même, mais les colonnes de calcaire bréchi-

forme imprégné de bitume ont ici une importance bien plus considérable, car l'imprégnation bituminifères a été constatée sur une épaisseur de m. 60.

Ces gisements ont été étudiés par Costa en 1865 et plus tard par Jewero en 1878.

Cet auteur nous donne les résultats de plusieurs essais faits sur des échantillons de roche asphaltique très variés et que voici :

GISEMENTS DE PIETRA ORLANDO

	<u>Teneur en bitume %</u>
Brèche calcaire riche	11,70
Calcaire bleuâtre	8,00
Calcaire glauconifère	6,72
Calcaire pauvre	5,12
Brèche calcaire pauvre	4,25
Calcaire des épontes	3,45

GISEMENTS DE MONTICELLI

Calcaire riche	10,00
Calcaire riche	9,10
Détritus de l'abattage	3,45

La teneur moyenne de la roche de Pietra Orlando est de 7 à 8 % de bitume, tandis que celle de la roche de Monticelli est de 10 à 11 %.

Déjà en 1851 il se forma la „Societa per gli asfalti manufacturati“ sous le nom Bobouneam et Cie, de Paris, qui ouvrit les escavations à Monticello et installa à Roccasecca une usine pour le traitement de la roche asphaltifère. La roche était pulvérisée et additionnée de 6 à 8 % de goudron des usines à gaz, pour former le mastic d'asphalte, qui, coulé en pains, était vendu à Naples.

En 1878 la mine était toujours active et l'entrepreneur de Cola avait une production de 5000 quintaux de roche asphaltifère. Plus tard une Compagnie française proposa à la municipalité de Colla San Magno (propriétaire du gisement) de payer une redevance de 1 à 1,50 par tonne avec un minimum de 12 à 13.000 tonnes; mais la commune n'accepta pas et les travaux restèrent inactifs.

La quantité d'asphalte produite par ce gisement a été de 1500 à 2000 tonnes par an, pendant une certaine période. Dans le tableau suivant est donnée la statistique de la production :

PRODUCTION D'ASPHALTE NATUREL DE ROCCASECCA

Année	Production — Tonnes	Valeur — Lires	Année	Production — Tonnes	Valeur — Lires
1860	5 200	26 000	1880	150	1 500
1	5 400	27 000	1	1 500	7 500
2	5 000	25 000	2	1 700	8 850
3	5 300	26 500	3	1 850	9 250
4	5 100	25 500	4	2 000	10 000
5	5 500	27 500	5	1 950	9 750
6	5 200	26 000	6	2 300	13 800
7	5 400	27 000	7	3 500	21 000
8	5 306	26 500	8	3 200	19 200
9	5 100	25 500	9		
1870	5 200	26 000	1890		
1	5 600	28 000	1		
2	5 800	29 000	2		
3	1 850		3		
4			4		
5			5		
6			6		
7	5 000		7		
8	5 000		8		
9	1 500	18 800	9		

Analyse du bitume de Naples (Roccasecca). — La composition de ces bitumes a été étudiée, il y a déjà bien longtemps, par EBELMEN, qui a donné les résultats suivants. Le bitume est solide à la température ordinaire, commence à se ramollir à 100° et fond complètement à 140°, sans dégager aucune vapeur.

Il est fragile, à cassure conchoïdale et à surface luisante. La poussière est brune, très foncée. L'éther l'attaque à peine, et il se dissout en grande partie dans l'essence de thérébenthine.

La densité est de 1,175 à 1,3°. La composition élémentaire est la suivante :

Carbone	77,64
Hydrogène	7,86
Oxygène	8,35
Azote	1,02
Cendres	5,13
	100,00

La composition naturelle est la suivante.

Matières volantes	69,00
Charbon fixe	26,00
Cendres.	5,00
	100,00

GISEMENT DE ATINA

Le village d'Atina se trouve sur la gauche du torrent Melfa, à la hauteur de 589 m. L'on s'y rend en prenant à Cassino la route de Sferracavalli.

Au sud d'Atina le long de la route, sur le flanc septentrional du Monte del Prato, l'on voit affleurer les calcaires du crétacé supérieur (urgonien) qui à la hauteur de 600 m. environ présentent des imprégnations bituminifères d'une réelle importance.

COMPOSITION DES ASPHALTES NATURELS ET DES BITUMES.

Comme résumé des études que nous venons de faire, j'ai réuni dans les tableaux suivants :

1° Les teneurs en bitume des asphaltes du bassin du Liri que nous avons passés en revue, en y ajoutant les données relatives aux gisements du Pescara et de Raguse.

2° La composition des roches asphaltiques de San Valentino (Chieti), de la Sicile (Raguse), de la France (Seysssel) et de la Suisse (Val travers).

GISEMENTS ASPHALTIFÈRES DE L'ITALIE

LOCALITÉ	TERRAIN	ROCHE	Teneur en bitume %
Amaseno	Pliocène Miocène Eocène	Mollasse	6
San Valentino (Chieti)		Argile	15
Ragusa (Sicile)		Calcaire	5
Castro dei Volsci	Miocène	"	10 à 12
Roccasecca	Eocène	"	10 à 11
Atina	Urgonien	"	10 à 15
Arce	"	"	7 à 10
Veroli	"	"	"
Bauco	"	"	10
Colleparco	"	"	8
Campoli	Jura Lias	Calcaire schisteux	10 à 12
Filettino	Trias	"	5

COMPOSITIONS DES ASPHALTES NATURELS

	ABRUZZES-S. VALENTINO			SICILE RAGUSE			SEYSSSEL Pyrimont	NEUFCHATEL Val travers
	ABRATEGGIO-LETTOMANOPPELLO	CONTRADA DELLA PECE		I	II	III		
	Santo Spirito	Prato del Monaci	La Cesa					
Bitume	9,52	9,91	11,38	4,70	8,65	11,20	8,00	10,10
Carbonate de chaux .	88,97	58,65	57,34	91,03	87,50	83,79	89,55	87,85
Carbonate de magnésie	0,93	31,25	31,03	—	0,95	—	0,10	0,20
Silice	—	—	—	0,99	0,80	0,06	0,10	0,65
Alumino oxyde de fer .	0,58	0,19	0,25	—	0,90	—	0,15	0,25
Perte	—	—	—	—	0,40	—	0,20	0,45
Eau à 90°	—	—	—	3,28	0,80	4,95	1,90	0,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

RESUMÉ OF THE TEXAS OIL FIELDS

BY

A. F. LUCAS

The purpose of this paper is not to write a detailed account of the Oil fields of Texas and Louisiana, as this has been covered from time to time, as the case required by better pens; but more for the purpose to do so in abridged form in hope that it may be found of interest to some of our far eastern colleagues, laboring in the same field, who, owing to distance, and perhaps diversity of language, may not either have read the many able papers already written on the subject, or had the opportunity of interpreting them, beside the giving of a short historical sketch of how it came about that the industry of Louisiana and Texas and of the Mid-continent oil-fields should have acquired in a very few years a rather colossal proportion.

The coming in of the Lucas well, January 10th 1901, has marked an unlooked-for era of activity in the Petroleum industry of the United States, and has stimulated by its advent a wonderful development not only in the South-East Texas and Indiana Territory, where it is now mostly advanced, but throughout the United States.

Spindle Top, three miles from Beaumont, the first field of the series with its first well may hardly be called a discovery, but a search for a precedent or prospecting in order to check some physical surface indications heretofore unknown, or not understood in the annals of oil developments.

Next comes Sour-lake, Saratoga, Batsom Prairie, Humble, Henrietta in Texas, (the Corsicana field with

its moderate but light gravity production was discovered in 1894 by Messrs. GUFFEY and GALEY, of Pittsburg, Pennsylvania and belongs to a different geological horizon from the fields above enumerated) At Anse La Bute, Jennings, Welch etc. in Louisiana. Bartlettville, Red Fork, Glen Pool, Muskogee, etc. in Indian Territory.

GEOLOGY OF THE GULF COASTAL PLAINS

What is now called the Coastal plain comprises a large expanse of Territory bordering the Gulf of Mexico by say 50 to 125 miles in width, and beginning in a wedge from the extreme eastern part of Louisiana and gradually widening out, including the South-western corner of Mississippi until it reaches and includes almost the whole of the north-western part of Louisiana, then following a tangential line to Bexar Co. Texas and from there on in almost a straight line due South to the Mexican line and following the same line into Old Mexico, clean down to the Isthmus of Tehuantepec.

Almost the whole of this great area consists of generally unconsolidated clays, sands and marls. The beds lie in essentially the same position in which they were deposited in their course toward the sea, and their dip toward the sea is somewhat greater than the seaward slope of the surface, thus causing beds of most recent age to come nearer the Gulf coast.

The first of the sediments becoming consolidated are the marls Sands, occasionally cemented by carbonate of lime are found. No consolidated beds of clays are known. In addition to the consolidated sedimentary beds, there are certain important cavernous limestone and dolomitic depositions, from which the most of the Oil has been derived.

Although the deposits have been extensively studied and bored (1), it has not been possible to give them a certain or satisfactory qualification.

(1) Bulletin No. 1, 2 and 3 Preliminary report of the hills of Louisiana, by OTTO LERCH and W. W. CLENDENIN.

Bulletin No. 5 of the Mineral Survey of Texas, by W. B. PHILLIPS.

Bulletin No. 212 Oil Fields of Texas and Louisiana Gulf Coastal plain by C. W. HAYES and WILLIAM KENNEDY.

The Stratigraphy of North Western Louisiana in the American Geologist Vol. 15 by T. WAYLAND VAUGHAN.

1° For the reason that the territory under consideration contains little or no erosion, which makes it impossible to study structure.

2° For the lack or almost total want of fossils.

3° That the fields or pools are of small area, and their continuity becomes abruptly shut off by unreachable depths.

Numerous attempts have been made to identify beds of strata passed by wells in the same field, and within say a distance of only a few hundred feet apart, which have led to impossible assumptions of folds etc.

GENERAL SECTION OF EASTERN DIVISION OF TEXAS IA.
COASTAL PLAIN.

BY WM. KENNEDY.

	FEET
1. Recent. Coastal marshes, consisting chiefly of sea flats subject to overflow at extremely high tides, swamps and partly submerged lands, and the bottom of lands along the rivers. The life is represented by recent shells, such as <i>Rangia Cuneata</i> and <i>Ostrea</i> . Beds of these shells occur along the rivers, and at many of the smaller lakes in this region	5—25
2. Pleistocene, with probably some Pliocene.	
a) Beaumont Clays; Brown, blue and yellow clays, carrying nodules of limestone in places irregularly distributed through the clays, making the soil black where found. Brown and blue sands with great quantities of cypress wood and recent shells	25—400

Rock Salt in Louisiana by A. F. LUCAS in: the Transaction of the American Institute of Mining Engineers.

The Beaumont Oil Fields with notes on other Oil Fields in the Texas regions, by ROB. T. HULL in the Franklin Institute.

The Volcanic origin of natural gas and Petroleum by EUGENE COSTE in the Canadian Mining Institute.

Oil fields of the Texas, Louisiana Gulf Coastal plains by N. M. FENNEMAN in Bulletin 282 U. S. Geological Survey.

The oil Investor's Journal, Beaumont, Texas.

	FEET
<i>b</i>) Columbia sands: White, yellow, gray and mottled sands with beds of blue and yellow clay, some decayed wood and a heavy deposit of gravel at base. In the clays belonging to these beds at Sour-Lake, such vertebrates as Mammut, <i>Megalonyx</i> , <i>Equus</i> , <i>Smilodon fatalis</i> etc. have been found	50—200
3. Neocene (Miocene, with probably some Pliocene).	
<i>a</i>) Lafayette sand; Blue and red, thinly laminated clays, massive red and brown clays and red and brown cross-bedded sands and gravel, carrying pinkish inclusions of clay	30—383
<i>b</i>) Blue, brown and gray clays. Sands with thin beds of limestone, and containing small quantities of oil	300—480
<i>c</i>) Blue clays and thin-bedded irregularly deposited sandstone	200
<i>d</i>) Blue, red and gray clays and sand and thin bedded limestones; limestones dolomitized and associated with sulphur, gypsum, gas, petroleum; Sands carry fossils of Miocene age	300
4. Eocene:	
<i>a</i>) Frio clays: Blue, brown, red, yellow and green clays, thinly laminated, partially stratified and massive. The laminated clays carry small crystals of gypsum, and the massive clays carry numerous concretions of lime from 2 to 4 inches in diameter and calcareous ferruginous concretions from 6 inches to 2 or more feet in length. Fossiliferous in places and changing to sandy calcareous clays to the west	260
<i>b</i>) Fayette sands: Gray sands and gray and white sandstones, interstratified with gray, white and pink clays and sandy clays. The lower sandstones are often hard and glassy and bluish or pinkish in color. The upper sandstones are soft and chalky white, and contain numerous casts of grass, reeds, palmetto and other marsh	

	FEET
plants. At some localities a thin bed of limestone in these upper sandstones carries lower Clayborne fossils, and a yellowish brown sand contains a considerable number of plant impressions	400
c) Yegua clays: Dark blue gypseous clays and dark bluish-gray sands with considerable deposits of lignite	1000
d) Upper marine beds or Cooke Mountain beds: A series of green-sands, fossiliferous greensands, fossiliferous clays, stratified blank and gray sandy clays, black and yellow clays with limy concretions. A very prolific Clayborne fauna	390
e) Mount Selman beds; Brown sands, blue clays, green sands, glauconitic sandstone and heavy deposits of limonite. More or less fossiliferous, but with fauna mostly represented by casts . .	250
f) White, yellow, gray-brown, red, blue and black sands with interstratified and interlaminated blue, gray and brown clays, with heavy beds of lignite. Apparently unfossiliferous except for a few plant remains, including the palmetto	1060
g) Wills Point clays; Yellowish-brown sands containing boulders of sandstone and limestone with some calcite concretions; dark-blue, and brown laminated and massive clays and fossiliferous white limestone	260
5. Cretaceous...	

THE MOUNDS

In the territories above stated, and especially these where most of the production has been derived, the topography is practically flat and level prairie, with a slight dip toward the sea. There are sporadic exceptions which break the continuity of the line, slight elevations of say 10 to 100 feet in height above the surrounding prairie and from 300 to 3000 acres in extent, which elevations are now known in Louisiana as the Five Islands, to wit: Jefferson, Petit Anse, Grand Cote, Cote

Blanche and Belle Isle; Cote Gellée, Cote Carline, Anse la Butte, Jennings, Welch. The salines of North Louisiana, including the Coochie Brake, Bayou Chicot and the Winnifield limestone outcrops, the Mounds near Many, and the Old salines and Ferry bluffs on the Sabine River, Hackberry and Winton in Louisiana.

In Texas beginning with Spindle Top, Bic Hill, High Island, Barber Hill, Kessler Hill, Hoskins Mound, Bryan Heings, Dayton, Keiser Hill, Damon Mound, Humble, Blue Ridge, Matagorda, Bats in Prairie, Sour Lake, Saratoga, Nacogdoches, Davis Hill, Henrietta, etc. Production is however confined to the following, although all the above elevations have been extensively prospected: Spindle Top, Sour-Lake, Saratoga, Humble, Hoskins Mound, Matagorda, Dayton and Henrietta.

SURFACE INDICATIONS

The first oil discovered in Texas was obtained in Corsicana while boring a well for water for the town use, and as the water was unfit for domestic use, owing to its containing some oil, Messrs. GUFFEY and GALEY undertook to systematically prospect for oil in 1894, with the result that after repeated attempts, they obtained the production of one barrel which was subsequently increased in other wells to five and later on as high as 20 and 30 barrels each well per day, of a 36° Beaumé gravity oil, therefore owing to this moderate production not much attention or effort was exercised to look into possible larger oil productions in other parts of Texas.

The exceptions may be recorded here that Messrs. SAVAGE BROTHERS, Oil Operators from West Virginia, began in 1893 the boring of some wells in Sour-Lake. They were actuated by escapes of gas bubbles which appeared on the surface of a small lake and in 1895 they found oil at about 230 feet in depth. They drilled 5 wells, none deeper however than 280 feet.

„The Gulf Coast Refining Company“ built a refinery there with a capacity of 100 barrels daily, and Messrs. SAVAGE BROTHERS entered into a contract to supply this refinery with 100 barrels of crude petroleum daily, but this was found to be impossible, and the Refinery was closed and dismantled.

Sour-Lake was known by the Indians, and the earliest settlers, who used the water for medicinal purposes. The escape

of gas bubbles on the water of the lake caused the water to become acidulated, which together with the acid mud, and the finding of occasional flour of sulphur which condensed on the surface near the gas escapes (especially noticeable after a drought), gave opportunity to attribute the water to various medicinal properties above alluded to, and a Hotel and Sanatorium having been built there, the bathing and drinking of the water became quite popular.

Almost similar kind of waters occurs on Spindle Top, only in a less marked degree and proportion, but in no sense was petroleum or any asphaltic substances noted on the surface thereon.

Messrs. SAVAGE BROTHERS were employed by the Gladly City Oil Gas and Manufacturing Co. of Beaumont, which was organized for that purpose, to drill a test well on Spindle Top, which they did in 1834, reaching a depth of 285 feet when the work was abandoned.

In 1895 Mr. J. LOONEY also made a feeble attempt, but failed in shallow depth.

Mr. W. B. SHARP, an experienced Oil operator from Corsicana undertook the drilling of a well there also on his own account in 1896, but after reaching a depth of 290 feet the well was abandoned.

The writer who began boring on Spindle Top in 1900, noted the 10 feet elevation from the surrounding prairie, which later on was conceded to be a mound, the escape of sulphuretted hydrogen gas, the acid waters, and the marked absence of any possible escapes of hydrocarbons on the surface, yet there being no precedents to base possible results, especially in such recent geological horizon, decided to drill a well, which reached the depth of 1139 feet, and which became known as the "Lucas well".

SECTION OF LUCAS WELL

BEGUN OCTOBER 26th 1900. — COMPLETED JANUARY 10th 1901

From-	To-	Made feet	FORMATION
0	36	36	Yellow clay.
36	56	20	Coarse gray sand.
56	170	114	Blue clay, pretty hard.
170	245	75	Fine gray quicksand.
245	265	20	Variously colored gravel, from bean to goose-egg size.
265	317	52	Coarse quicksand.
317	352	35	Blue clay.
352	376	24	Coarse gray sand, with pyrite concretions.
376	395	19	Blue clay.
395	440	45	Fine gray sand, with lignite.
440	448	8	Marls.
448	508	60	Gray sand, with concretions and much lignite.
508	508.75	0.75	Soft limestone.
508.75	528.25	19.50	Gray clay and sulphuretted hydrogen gas.
528.25	529	0.75	Hard sandstone, with calcite depositions.
529	563	34	Gray sand.
563	588	25	Compact hard sand with pyrite.
588	588.5	0.5	Hard sandstone and calcareous concretions.
588.06	601.75	13.25	Gray clay.
601.75	602	1.25	Hard sand.
602	659	57	Gray clay, with calcareous concretions.
659	665	6	White, calcareous shells.
665	679	14	Gray clay.
679	685	6	Gray sandstone, with oil.
685	692	7	Gray clay, with calcareous concretions.
692	715	23	Gray clay; getting harder.
715	717	2	Calcareous concretions with calcite.
717	833	116	Hard gray clay with calcareous concretions; much fine pyrite.
833	853	20	Hard gray clay with calcareous concretions; much fine pyrite.
853	873	20	Sandstone and pyrite; hard.
873	875	2	Hard rock, apparently limestone.
875	899	24	Fine oil sand, with large layer toward bottom and heavy pressure under it, filling casing for 100 feet above point of drilling.
899	979	80	Hard clay.
979	1 029	50	Calcareous concretions, with layers of hard sandstone.
1 029	1 069	40	Struck heavy gas pressure and oil which lasted about one hour and then subsided.
1 069	1 139	70	Sand mixed with calcareous concretions and fossils.

Oil was tapped at a depth of 1120 to 1135 feet, and the 4-inch rod used in drilling was shot out of the well, carrying block and tackle with it. Estimated capacity 75,000 barrels per day. This well went wild for ten days, producing during that time as estimated about 800,000 barrels of petroleum, but it was successfully capped the tenth day.

The results attained on Spindle Top started oil speculators and capitalists on a search for oil mounds, and many mounds were found apparently offering the identical surface indications as Spindle Top did, but in most instances they proved a deceptive snare.

One of the first mounds to be prospected after the success of Spindle was Big Hill, in Jefferson Co., and about 24 miles south-west from Beaumont. This hill rises in a gentle swell above the surrounding prairie, attains a height of about 45 feet, and contains about 1,500 acres.

Several wells were drilled here and at about 350 feet dolomitic rock was encountered which continued to the depth of over 1400 feet.

This rock is massive crystalline dolomite of light gray color and contains parallel seams which may represent bedded planes, and is remarkably uniform.

High Island, 35 miles further on the same strike, is another instance, and contains about 3000 acres of high land and

SECTION OF CARROLL WELL, HIGH ISLAND.

Formation	Thickness	Total depth	Formation	Thickness	Total depth
Clay	28	28	Sand	9	241
Sand	8	36	Rock	1	242
Rock	2	38	Sand	19	261
Sand	8	46	Gravel	3	264
Gumbo	8	54	Gumbo	11	275
Sand	26	90	Rock	1	276
Rock	1	91	Sand	20	296
Sand	9	100	Gumbo	20	316
Gumbo	89	189	Rock	6	322
Rock	3	192	Gumbo	2	324
Sand	12	204	Rock	1	325
Rock	1	205	Gumbo	6	331
Gumbo	26	231	Crystalline		
Rock	1	232	Gypsum	479	810

tion of the oil in the pool, and its rapid replacement by the underlying brine.

From some of the wells, along with the dolomite large pieces of crystalline gypsum or selenite have been thrown out by the escaping oil. Their surfaces are always deeply corroded, giving evidences that they have been subjected to the action of some solvent.

Another important accessory mineral in the oil rock is native sulphur. Large crystals one inch or more in length have been obtained from many of the wells, and it is reported by several of the drillers that the Oil Rock is overlain by beds of sulphur.

Subsequent and deeper boring, and especially one drilled by the „Higgins Oil and Fuel Co.“ showed that the Spindle Top is underlain with Rock Salt as their well # 3 stopped drilling at 1956 feet still in rock salt.

THE OIL COLOR AND ODOR

When flowing from the well, the Beaumont petroleum is a dark reddish-brown fluid, carrying a large quantity of hydrogen sulphide in solution. It has a very strong, disagreeably pungent, sulphurous odor, attacking the mucous membranes of the nose and causing the eyes to smart. The Saratoga and Sour Lake oils are somewhat darker and heavier, and owing to the smaller quantity of gas which they contain have less disagreeable odor.

Upon exposure to the air these oils gradually lose a large proportion of their contained gases and become somewhat thicker and darker. They do not, however, lose their peculiar odor. KAST and LAGAI attribute the odor of petroleum to the presence of unsaturated hydrocarbons, while MABERY and SMITH appear to think it is due to a mixture of bad-smelling compounds, but do not say what may be the cause, although they found unsaturated hydrocarbons in their experiments with the Ohio oils. RICHARDSON also found considerable quantities of unsaturated hydrocarbons in the Beaumont oils.

SPECIFIC GRAVITY

The specific gravity of the Beaumont petroleum ranges from 0.904 to 0.925 or 25.4° B. to 21.5° B. The Saratoga

oil has a specific gravity of 0.945 or 18° B. The deeper Basson oil has a gravity of 27° or even 28° B. That from shallow wells is heavy.

A comparison of the specific gravities of the petroleum from various districts of the Coastal Plain with those of other well-known fields shows the former to be much heavier than any of the petroleums which contain a notable proportion of the illuminants. They are, however in this respect similar to the California oils; those of the Mexican oils are also heavier.

SPECIFIC GRAVITY OF PETROLEUM FROM VARIOUS FIELDS

Pennsylvania	0.801—0.817
Ohio (Lima fields)	0.815—0.860
Kansas	0.835—1.000
Roumania	0.838—0.800
West Virginia.	0.841—0.873
Canada (Petrolia fields)	0.858
Russia (Baku fields)	0.859—0.871
Mexico	0.874—0.970
Beaumont	0.904—0.925
Wyoming.	0.912—0.945
California	0.920—0.983
Saratoga	0.937
Sour Lake.	0.945—0.963
Brazoria County, Texas.	0.965 --
Borneo	0.965 —

Flashing point as determined by	LEDOUX	165° F.		
"	"	"	RICHARDSON	110° F.
"	"	"	EMERY	110° F. burning point 180° F.
"	"	"	DENTON	142° F. " 181° F.
"	"	"	OLIPHANT	180° F. " 200° F.

COMPOSITION

The ultimate chemical composition of the Beaumont and Sour Lake oils as compared with oils from other fields is given below.

ULTIMATE COMPOSITION OF VARIOUS OILS
 (Per cent)

	Beaumont		Sour Lake	Penn- sylvania	Ohio	Cali- fornia
C.	83.03	84.60	85.96	86.10	0.85	0.84
H.	12.30	10.90	13.97	13.90	13.80	12.70
S.	1.75	1.63	—	0.06	0.60	0.40
O, N. . . .	0.92	2.87	—	—	0.60	2.09
Loss on treatment with excess of H ₂ SO ₄	0.39	—	—	0.21	0.30	—

The sulphur contents of the Beaumont petroleum is high and it also carries a large amount of hydrogen sulphide gas in solution. This gas largely escapes on standing, and is more completely expelled if air or steam is blown through the oil. After such treatment RICHARDSON found the oil to contain 1.75 per cent of sulphur, MABERY found 2.16 per cent, DENTON found 1.63 per cent, O. H. PALM found the Higgins oil to contain 2.4 per cent of sulphur and A. M. SMOOT found the oil from the Lucas well to contain 2.04 per cent.

According to MABERY the Ohio oils have 0.50 per cent of sulphur, while the Canadian oils contain, according to the same authority, 0.98 per cent. ORTON and LORD found 0.553 per cent in the Trenton limestone oil.

The condition in which this sulphur exists in the petroleum is an important question from the technological standpoint, since it will determine the methods to be adopted for its removal. Considerable light is thrown on the question by experiment in the fractional filtration of this oil, carried on by Dr. D. T. DAY, and described at the Petroleum Congress in Paris in 1900.

FILTRATION PRODUCTS FROM BEAUMONT OIL.

	Amount in c. c.	COLOR	Specific gravity at 25° C.	Sulphur	Remarks
Crude oil . . .	—	Deep brown	0.9140	1.75	Rank odor
First fraction . .	5	Water white	0.8755	0.80	Sweet odor
Second fraction .	21	Pale lemon	0.8980	0.91	do
Third	8	Deep lemon	0.9038	1.04	do
Fourth	22	Amber fluorescent	0.9068	—	do
Fifth	10	do	0.9104	—	do
Sixth	22	Deep amber	—	—	do
Seventh	13	do	0.9115	—	do
Eighth	20	do	0.9115	—	do

REFINERIES TREATING COASTAL PLAIN AND MID-CONTINENT
FIELD OILS.

Name of Companies	Location	Daily Capacity in barrels of crude Oil
Gulf Refining Co.	Port Arthur, Texas	8,000
Security Oil Co.	South Beaumont "	4,500
The Evangeline Co.		2,000
The Texas Co.	Port Arthur "	1,000
United Oil and Refining Co.	Spindle Top "	0,400
Colonia Oil Co.	Port Arthur "	0,100

ANALYSIS OF SAMPLE FROM SMITH SPRING No. 2,
HIGH ISLAND, TEXAS

BY JAMES KENNEDY.

	<u>Grains to the U. S. Gallon.</u>
Sodium chloride	61,720
Potassium chloride	Trace
Magnesium bicarbonate	30,479
Ferrous bicarbonate	00,970
Calcium bicarbonate	15,599
Calcium sulphate	6,320
Alumina	0,950
Silica	0,720
Loss	<u>0,510</u>
Total	117,253
	<u>Cubic inches</u>
Sulphuretted hydrogen	2,73
Organic matter	none

In digging a formation was found, which appeared a mass of sulphate, chiefly iron, resulting from the oxidation of iron pyrite. All these springs are charged with hydrogen and sulphide. The mouth of one of these wells was stopped with broom sage a few years previously, and in plowing over it in March 1901 it was found to have become solidified with sulphur.

The presence of oil was suggested here by the abundance of inflammable and sulphurous gas, and 6 wells have been bored, one

by the writer, to the considerable depth of 2600 feet. Many layers, of rock were found without determining its character and after 830 feet it was ascertained by cores to have been beds of gray limestone; from 600 feet to 1300 feet it was white gypsum, when it entered rock-salt remaining in rock-salt to 2500 feet.

Hot waters are encountered, which are saline or sulphurous, also sulphur compounds of lead, zinc and barium appear occasionally in the salt and gypsum as crystals of galena, sphalerite and barite, almost identical to the occurrences at Belle Isle Louisiana, and light showings of gas and oil were found at shallow depth, the gas being H_2S and SO_2 .

METHOD OF DRILLING.

The rotary or rather the Hydraulic method of drilling is now almost universally used in the Gulf Coastal Plain Oil Fields, and it may be added that the successful drilling of the first well near Beaumont, after many failures, was largely due to the adoption of the rotary method which was found admirably fit to cope with the many difficulties encountered in drilling Spindle Top. It has however the objection that the drillings or cuttings cannot be always vouched as coming from the bottom, and unless the hole is kept always cased down, the cuttings get mixed with the upper layer of material.

Right after the bringing in of this first well, the demand for rotary outfits sprung up to enormous proportions, but not only was it found impossible to obtain it adequately in the market but there were only a very limited number of men capable to operate them. There were also many leases, whereby the leasee was obliged to «begin operations» within a certain time or forfeit the lease. It was finally resolved to adopt the Cable method of drilling, which was at once put in practice, but with disastrous results, as it had to be ultimately abandoned, and the rotary method adopted in its place.

The cause of it was very simple, to wit: By the cable method the casing is of course open to permit free play to the cable, and on the bit reaching the first layer of quicksand, which in this instance was at about 145 feet, there was encountered a heavy pressure from below, forcing the quicksand upward into the casing or walls as high as 100 feet and more, thus jamming

the bit, stem, jars, sub and part of the cable, and in many instances making it impossible to draw out.

To obviate this obstacle, the operators were obliged to resort to the rotary, which they eventually did. Many first class drillers, accustomed however only to the cable method, obtained positions as helpers in the field where rotary outfits were used in order to acquire the practical experience with rotary.

The rotary system is unquestionably the most rapid and economical method where the formations to be penetrated are for the most part unconsolidated, and the vast amount of drilling done on these fields since the spring of 1901 and the keen competition among the drillers and manufacturers, has brought this method and machinery to a high state of efficiency.

The method consists essentially in rotating a vertical drill rod which we will assume to be a four or six inch line or drive pipe, through which a continuous stream of water is forced. The drill rod is supported by a cable passing from a hoisting drum over a pulley at the top of the derrick, and hence by block and fall to a swivel attached to the top of the drill rod, the descent of the latter being controlled by the driller by means of a feeding device.

The lower end of the drill rod is supplied with one of several forms of bit, adapted to the kind of material to be drilled. The material loosened or cut by the rotating bit is carried upward to the surface by the water ascending on the outside of the rod. The ascending current of water keeps the hole clean, and allows the drill rod to turn freely. It is essential that the flow of water should be continuous, and a drilling outfit is always supplied with two force pumps, in order to avoid the danger of stopping the flow which may clog the rod. If the well has passed through a pervious stratum, such as a bed of loose sand, the ascending water is liable to pass into that stratum instead of returning to the surface. This would quickly result in the clogging of the hole by cavings or abrasions, and in order to prevent it, the water which is pumped in is mixed with a large amount of fine clay. By this means the outlets through porous beds are scaled up, the unconsolidated material forming the walls of the hole is prevented from caving, and the water returns unimpeded to the surface.

Even with the foregoing, the writer found much difficulty in

drilling the first well through the quicksand beds, having pressure from below, which could be kept down only well enough as long as the counter pressure from the pump was kept in excess of the upward pressure, yet, when the length of rod has reached its maximum and is spent, necessitating to screw another one on, the water swivel would of necessity have to be unscrewed and another length of rod with another swivel ready hanging to be quickly screwed on, when the spent swivel is taken off. To do this, it is imperative to slack the pump somewhat, while the new length of rod is being quickly screwed on, yet in this short interval, the pressure holding down, the quicksand is relieved (except for the weight of the column of water) resulting in a heavy gush of water, which spurts out, exactly in proportion to the volume of sand that may have penetrated into the rod, so that, when finally the rod is screwed on and the pump set going, it will soon stop and the gauge will register from five hundred to seven hundred pounds pressure, showing conclusively that the lower portion of the rod has filled up with quicksand. In such an event, there is nothing left to do but to pull out the whole of the rod, and clear it of the containing sand, which will be found a hard task as the sand in the rod is found almost as hard as sand stone, and difficult to loosen in out. To obviate this serious difficulty, the writer inserted a wooden check valve, which he calls "The Little Joker" into a coupling of the rod before reaching quicksand, which was found to work admirably. These check valves are now manufactured by the supply houses in all sizes, out of light cast iron, spider like shape, with rubber valve and spring on bottom, to screw into a given size coupling. Really owing to this simple device it was found possible to drill into a territory, where pressure from below made it an almost serious obstacle for a time to achieve the desired end.

The failure to get a return of the water does not necessarily prevent further drilling, for if it escapes into a possible porous or cavernous rock, it may for a time at least carry with it the cuttings, and thus keep the bottom of the hole clear. If the uncased part of the hole does not cave, the working of the tool is not interfered with. The continued pumping in of "slush" may sufficiently choke the pores by which the water has escaped,

to restore the return flow, or the porous bed may be drilled through and cased, allowing the drilling to go on as before.

It is not to be understood that when the water is lost, the porous bed into which it is passing is either dry or lacking in gas pressure, as it may bear water, gas or oil. The sinking of the column of water in the drill pipe merely indicates that the fluid pressure within the rock is less than that of the column in the well. Therefore if the well be bailed, it may blow out or gush, the oil being brought up as a spray, or it may be a good pumping well.

A phenomenon sometimes associated with the loss of water, is sudden dropping of the drilling tools. Such drops are generally believed by drillers to indicate great cavities. Small drops while drilling in the limestone may be so explained, but in many instances a great cavity in the limestone cannot be assumed. Many drops are reported as occurring in a sand just below a hard plate of limestone. The drill may have worked hours or days on the thin limestone, a strong current of water all the time washing the bottom of the hole. This current may have access by a fracture to the underlying sand and wash out a great cavity in the latter before the drill has passed through the limestone. The tools then drop. It will be observed that sand in which the drop most frequently occurs is a poor substance to support large cavities. Probably in most cases it is not necessary to assume a cavity, but a quicksand produced by continuous injection of water.

The forms of bits most commonly used are the Fishtail bit which is adapted to soft materials, although occasionally has proved capable to cut into a much harder material: the core barrel bit is better adapted for hard material. When rock is encountered the ordinary fishtail bit makes slow progress, and the drilling is greatly facilitated by the use of the adamantite, or chilled shot, the cutting being done by a quantity of chilled steel shot, which revolves under the rim of the tube.

Some drillers in encountering hard rock, rig up a regular churn drill, the cable passing over a pulley at the top of the derrick, and thence down to the engine fly wheel, where a turn around the crank pin gives the required lifting-and-dropping motion to the drill bit.

When everything is ready to begin operations, a length of rod with the bit attached is made fast to the water swivel and lifted

into the derrick. The bit screwed on the rod is passed through the rotary far enough to allow the jaws to be brought together and clamped so as to hold the drill rod and rotate it, when it will of its own weight slide down. The driller starts the engine and sets the pump in motion. As soon as the water flows freely he slackens the friction and allows the drill to descend.

The force of the water, which varies from 40 to 75 pounds, passing through the rod, finds its way as jets through two holes, one on either side of the fishtail bit, and washes the freshly loosened sand up to the surface through the space between the drill rod and the walls of the well. As the work progresses the driller lowers the rod slowly, holding it stationary, or letting it descend, according to the character of the material through which the bit is working. From this time on the whole responsibility rests on the judgment of the driller. The drilling crew generally consists of four men, the driller, two derrick men and the fireman, with a corresponding shift, as the work proceeds night and day.

In starting a well, arrangements are generally made for the insertion of a 12 inch casing to begin with, and in boring for this size the drillrods are generally made of 6 inch casing with a 13½ inch bit. This sized bit is used to allow the couplings at the joints of the 12 inch casings to slide past without damaging the wall of the well. The length of 12 inch casings varies from 300 to 800 feet, depending largely upon the nature of the ground and the skill of the driller.

Following the 12 inch casing the hole is next drilled for an 8 inch or 9 inch casing, and in either case a 10½ inch bit is used.

This 9 inch casing has in several of the Spindle Top wells been set in the oil sand. After setting the 9 inch casing, the driller proceeds downward with a 6 inch casing. Occasionally a still further reduction to a 4 and even a 2 inch becomes necessary.

The drilling of wells is generally carried by contract. Some few of the companies own outfits and drill on their own account.

Prices vary in accordance with the conditions of the contract, but from 4.00 to 4.50 dol. per foot may be considered as a fair average of prices at Beaumont, the contractor furnishing all machinery, tools and labor necessary to drill the well. The Company usually reserves the right to accept or reject the work upon completion.

When the well approaches completion, the drillrods are withdrawn, and a gate valve fitted to the casing in such a way as to permit a rapid closing of the well if desired. When the valve is screwed on, the bit is again lowered and the work proceeds until the oil sand has been reached and penetrated to a sufficient depth to insure a flow of the well. The drilling tools are then withdrawn, and the well bailed and then allowed to flow. None of these wells have been torpeded. This method of inducing a flow was tried in one case on Spindle Top, and the result was a ruined well.

WELL PRESSURE.

The phenomenon of gushing, so common in all the large fields of the Coastal plain, implies great pressure. In some cases it has shown almost explosive violence, blowing out casings and breaking heavy cast iron valves. The maximum pressure has never been approximately measured. The most reliable measurement varies from 79 to 350 pounds. The following are the most trustworthy measurements which have been made of closed pressure.

MEASUREMENTS OF CLOSED PRESSURE OF OIL WELLS IN GULF COASTAL PLAIN FIELDS.

	<u>Pounds.</u>
The Lucas oil Well	119
American Oil and Refining Co	112
Trans-Mississippi Co.	300
Yellow Pine Co.	440
The Hooks Well	127

It appears highly probable that the pressure in the oil reservoir is due largely to the expansive forces of the associated gas. When the oil rock is penetrated by the drill, it is usual though not always necessary to remove the water from the casing by bailing. When the pressure is thus relieved there is first a rush of gas followed by a stream of oil, which is expelled with great violence.

To induce wells that showed signs of exhaustion to gush of their own accord, a method was introduced to carry air under pressure to the bottom of the well by means of a small pipe within the casing. When the air is turned on and accumulates sufficient pressure to lift the column of oil in the casing, the oil is expelled in a pulsating stream, exactly similar to a natural gusher.

PRODUCTION OF CRUDE PETROLEUM IN ALL DISTRICTS
Of Texas 1896 — 1906

(Barrels of 42 gallons)

	Corsicana	Powell	Hennrietta	South Bosque	Total North Texas	Southeast Texas	Grand Total
1896	1,450	—	—	—	1,450	—	1,450
1897	65,975	—	—	—	65,975	—	65,975
1898	544,620	—	—	—	544,620	—	544,620
1899	668,483	—	—	—	668,483	—	668,483
1900	829,560	6,479	—	—	836,039	—	836,039
1901	763,424	37,121	—	—	800,545	5,185,833	5,986,428
1902	571,059	46,812	—	—	617,871	17,897,146	18,515,017
1903	401,817	100,143	—	—	501,960	17,453,582	17,955,542
1904	374,318	129,329	65,455	—	569,102	21,672,111	22,241,213
1905	311,554	132,866	101,661	300	546,381	27,615,877	28,162,258
1906	336,387	675,842	111,072	1,000	124,301	11,542,225	12,666,525
	4,868,647	1,128,592	278,188	1,300	6,276,727	101,366,824	107,643,551

PRODUCTION OF CRUDE PETROLEUM
(In Louisiana 1902 — 1905 by districts)

(Barrels of 42 gallons).

	Jennings	Welsh	Anse la Butte	Caddo	Total Louisiana
1902	548,617	—	—	—	548,617
1903	892,609	25,162	—	—	917,741
1904	6,611,419	35,892	—	—	6,647,311
1905	8,891,416	10,000	9,000	—	8,910,416
1906	7,051,688	35,000	15,000	4,650	7,106,338
	23,995,749	106,054	24,000	4,650	24,130,453

PRODUCTION OF CRUDE PETROLEUM IN SOUTHEAST TEXAS 1901—1906 BY DISTRICTS

(BARRELS OF 42 GALLONS)

	Spindletop	Sour-Lake	Saratoga	Batson	Humble	Dayton	Matagorda	Hoskins Mound	TOTAL, S. E. Texas
1901	5 185 883	—	—	—	—	—	—	—	5 185 883
1902	17 852 308	44 238	—	—	—	—	—	—	17 897 146
1903	8 600 905	8 828 159	—	4 518	—	—	—	—	17 433 582
1904	3 433 842	6 442 357	7 092 239	10 904 737	—	—	151 636	—	21 672 111
1905	1 652 780	3 362 153	3 125 026	3 774 841	15 594 310	60 294	46 471	—	27 615 877
1906	1 075 755	2 143 723	2 170 153	2 388 288	3 570 844	92 460	1 000	100,000	11 542 225
Total	37 801 473	20 841 230	6 031 420	17 072 384	19 165 154	152 754	199 407	100,000	101 366 824

PRODUCTION OF CRUDE PETROLEUM IN THE GULF COAST
DISTRICTS 1901—1906

(BARRELS OF 42 GALLONS)

	S. E. Texas	Louisiana	TOTAL
1901	5,185,883	—	5,185,883
1902	17,897,146	548,617	18,445,763
1903	17,453,582	917,771	18,371,353
1904	21,672,111	6,647,311	28,319,422
1905	27,615,877	8,910,416	36,526,293
1906	11,545,225	7,106,338	18,651,563
Totals	101,366,824	24,130,453	125,497,277

TOTAL SHIPMENTS OF CRUDE AND REFINERY PRODUCTS IN 1906
(FROM PORT ARTHUR AND SABINE)

(BARRELS OF 42 GALLONS)

MONTH	Crude oil	Refinery products	TOTAL
January	425,114	393,752	818,866
February	574,631	395,005	969,636
March	571,524	342,181	913,705
April	462,440	288,306	750,746
May	566,240	363,258	929,498
June	657,105	435,780	1,092,885
July	666,308	309,396	975,704
August	452,337	369,813	822,150
September	606,982	341,395	948,376
October	327,855	357,540	685,395
November	437,246	322,381	759,627
December	475,836	602,006	1,077,842
Total	6,223,628	4,521,082	10,744,710

PRESENT CONDITIONS OF FIELDS

While the production of the Gulf Coastal Plain may be said to be now stationary, with a tendency of further decline, the Indian Territory, which is situated adjoining the north of Texas is now in a high ascendancy not only with a prolific steady production, but on account of lighter grade of oil averaging 38°. B which has been found highly advantageous of result to refine by mixing with the heavier Texas product, and with that end

in view, the influx of capital for development work into the Indian Territory has been quite great in the last few months.

Most of the larger Texas and Louisiana oil producers are now successfully operating in the various fields in Indian Territory, Oklahoma, Creek and Osage Nations, the more so, as the leading oil and refining Companies of Texas and Louisiana have found it expedient to build very large steel tankages for the purpose to store the oil for their refineries on the seaboard.

The „J. M. Guffey Petroleum Co.“ in addition to their having acquired large oil territory upon which they are erecting steel tanks to store millions of barrels of crude oil, are also approaching completion of an 8 and 10 inch pipe line from the Indian Territory fields to connect with the system of pipe lines they own in Texas, which will require in the neighborhood of 500 miles of pipes. This Company already own and operate quite a large system of pipe lines, connecting the various oil fields of Texas and Louisiana clean down to Port Arthur, where their large refinery is located.

„The Texas Co.“ are following the same example, and both these Companies expect to complete their main lines from the Indian Territory to Port Arthur within a very short time. Meantime they are transporting daily train loads of Indian Territory crude oil to their refineries.

These two companies are the principal factors in the development now going on in Indian Territory, and expect to expend for each pipe line alone in the neighborhood of dol. 10,000,000 not counting the enormous number of steel tanks and subsidiary lines to the various fields.

Fortunately for the producers, refiners and shippers of oil from Indian Territory, it must be recorded, that the development going on there now is not characterized by the feverish and speculative booms that Spindle Top underwent, with the other Texas and Louisiana fields suffering their share. On the contrary, the Indian Territory development seems to be now of a healthy and of large business-like proportions, which gives promise to results for the Mid-Continent Oil Fields, to wit: Indian Territory, Osage Creek Nations, Kansas and Oklahoma, long years of steady production, and prosperity to all who are interested.

THE SANTA MARIA OIL DISTRICT

(CALIFORNIA, UNITED STATES OF AMERICA.)*

BY

RALPH ARNOLD.

LOCATION.

The Santa Maria oil district, comprising the Santa Maria and Lompoc fields, is located near the Pacific Coast in Santa Barbara County, California, about 300 miles south of San Francisco and about 150 miles northwest of Los Angeles. (See figure 1). The district comprises about 1300 square miles lying between $34^{\circ} 30'$ and 35° north latitude, and $120^{\circ} 30'$ west longitude. The Arroyo Grande field, briefly described toward the end of this paper is situated about 25 miles north of the Santa Maria field. The lightness of the oil, which averages between 25° and 27° Baumé, as compared with the oils from most of the other California districts, the great productiveness of the wells, which yield an average of 300 to 400 barrels per day, and sometimes as high as 3000 barrels per day, and the fact that the district contains the deepest productive oil well (over 4400 feet) in the world, are among the things for which the district has become noted. It was studied by the writer, assisted by Messrs. Robert Anderson and H. R. Johnson in the summer of 1906. Bulletin No. 317, of the U. S. Geological Survey, a preliminary report just issued, and Bulletin No. 322, now passing through the press, are devoted to a detailed description of the district; the following pages are a résumé of these reports.

*) Published by permission of the Director, U. S. Geological Survey.

TOPOGRAPHY.

The district includes portions of the San Rafael Mountains in the northeast corner, and the Santa Ynez Range along its southern side. The Pacific Ocean defines the western boundary of the district. The San Rafael Range is a high, rugged maze of ridges divided by steep canyons that usually cut transversely across the formations regardless of the folding and structural lines. It is traversed by two well-graded streams.—Sisquoc and Cuyama rivers. The range trends northwest and southeast, paralleling the main structural lines of California.

The Santa Ynez Range has an east-west course and determines the long, straight shore line between Point Conception and Santa Barbara. It includes a long, even-topped ridge rising abruptly from the sea and a hilly belt between this ridge and the Santa Ynez Valley. Its topography reflects the structure more than that of the San Rafael Mountains and deformation within it does not appear to have gone so far as in that range.

The triangular hilly basin opening out toward the coast between these two divergent ranges of mountains contains three main valleys and several lines of higher ground that radiate like the ribs of a fan from the vertex of the triangle. The point of especial interest in the topography of these interior features is their characteristic reflection of the structure of the formations. They contrast in this respect with the two boundary ranges just mentioned.

An anticline in this intermediate region is apt to be marked by a ridge, as in the long ridges of the Purisima Hills, which follow close to the axis of a broad anticline; and some of the larger valleys coincide with the synclinal axes of the broad lines of structure. The latter statement is illustrated by the Santa Ynez Valley in parts and by its structural although not actual continuation in the Santa Rita Valley. It is also exemplified by the upper portion of the Los Alamos Valley and by Haris Canyon. These topographic features may be explained by the fact that the main movements in these hill ranges have been gentle as compared with those in the older mountain masses, that the disturbances giving them form have been comparatively recent, and that deformation has not gone very far. Low areas of rolling hills are almost sure to prove that a syncline or plunging

fold has given rise to structural depressions in which deposits of soft sand, producing low topographic forms, have been laid down.

GEOLOGICAL FORMATIONS.

The formations involved in the geology of the district include the Franciscan formation of Jurassic age, which consists of more or less metamorphosed sandstone and shale, glaucophane schist and jasper, all more or less intimately associated with intrusions of serpentine. Unconformably above these is the Knoxville shale and sandstone formation carrying *Aucella piochii* Gabb of lower Cretaceous age. Above the last is 4000 to 5000 feet of coarse Eocene sandstone and minor quantities of black clay shale on which rests in conformable position several hundred feet of coarse conglomerate and sandstone carrying fossils of lower Miocene age and known as the Vaqueros sandstone.

A great series of fine shales, largely of organic origin, overlies conformably the sedimentary deposits of the Vaqueros. These shales make up the Monterey formation and are representative of the whole of middle Miocene time. The formation is over 5000 feet in thickness and is doubly important as the probable source and the present reservoir of the oil. It doubtless covers as one continuous sheet the whole basin between the Santa Ynez and San Rafael mountains as well as a large part of these ranges, but it is covered over considerable areas by later deposits, which are in many places very thin.

The lower half of the Monterey lying above the horizon of the transitional limestone between that formation and the Vaqueros consists of a thick series of thin-bedded, brittle, chalcidonic and calcareous shales, with here and there gradations on the one hand into beds of the hardest flint and on the other into soft diatomaceous earth. Near the base there is usually black, brownish, or wax-colored flint in heavy beds 1 foot to several feet thick and similar massive beds of peculiar brownish limestone with characteristic lamellar weathering. The greater part of the series is made up of brittle siliceous shale, in the main much fractured and some of it crumpled, in beds averaging about one-half to 1 inch in thickness, which alternate in many places with thin shaly calcareous beds or ma-

ssive strata of limestone. Beds of flinty shale or of pure flint are included here and there, and there is every step in the gradation from these to soft white diatomaceous shale. This soft unaltered shale in which the constituent diatom tests are plainly to be seen occurs but sparingly, however, in the lower half of the formation. The varieties of shale are very numerous, but they show no departure from the general siliceous and calcareous types so peculiar to this formation. There is no approach to the common clay shale or the slate derived from it, and only very locally is there an appearance of a sandy texture. In the San Rafael Mountains the series has a somewhat different character, especially at the base, where a considerable amount of sandstone, in some places soft and in others quartzitic, is interbedded with the hard calcareous shale. Near the base of the Monterey, in the northwestern portion of the area occupied by that formation, hard, coarse yellow and grayish volcanic tuff is locally interbedded with the shale.

This hard series of shales is very commonly impregnated with bituminous material. The limy beds have almost universally a bituminous odor and some of them contain pockets of tarry oil. To a less extent the same is true of the flint, and in some places the great mass of the hard, brittle shale has a similar odor or is discolored with oil. This hard shale series, especially the lower portion of it, and possibly here and there the uppermost sandstone just below it, contains the principal oil-bearing beds in the developed field.

The greater part of the upper division(1) is made up of white or brownish diatomaceous shale, in general of light weight, but grading in places into heavier and harder, brittle, porcelain-like shale. The bedding is characteristically very thin but where great masses of the soft white shale, which goes by the name of diatomaceous earth, occur, lines of bedding are as a rule indistinguishable, except here and there on thin projecting laminae produced by weathering, or on the upper surface of small cavities due to the eating out of less resistant material. In general, both the softer and harder varieties of the Monte-

(1) A detailed description of the diatomaceous deposits found usually in the upper portion of the Monterey is included in „Contributions to economic geology for 1906“ (Bull. U. S. Geol. Survey No. 315) under the title „Diatomaceous deposits of northern Santa Barbara County, California“.

rey shale, owing to their siliceous composition do not give way readily to decomposition or weathering. Scattered chalcidonic lenses are to be found in this upper division, roughly following the bedding planes in unaltered shale, as well as strata of hard, porcelaneous, generally much-fractured shale; but such hard rock does not become predominant over the softer variety as it does in the lower division. Very local metamorphism is characteristic of the Monterey shale in both divisions. It is common to find soft unaltered shale grading directly, even in the same hand specimen, into brittle flinty shale, and the slightly altered varieties changing, in irregular lenses and beds, into the hardest flint. In the hills immediately south of Lompoc volcanic ash is interbedded with the soft shale.

The composition of the Monterey shale is of especial interest. Examination of the soft, unaltered variety with a hand lens or sometimes even with the naked eye, shows that it is made up of small round dots from 0.25 m. of less to 1 m. in diameter. These are the skeletons of minute marine organisms, closely packed together to form the bulk of the deposit. In some places they are so well preserved that the details of their structure can be made out with the aid of higher magnification, but in others they appear crushed and almost unrecognizable. Where the shale has undergone alteration and hardening into the porcelaneous and flinty varieties the constituent remains are for the most part obscured, but even in these, on examination under the microscope, the impressions are often found well preserved. The most abundant skeletons are those of marine diatoms, a very low order of plants or algae having a small framework of silica. These little skeletons, dropping to the ocean bottom during a long period, have built up this formation which is very largely silica. The limy beds seem to be formed chiefly of remains of Foraminifera, small animal organisms having calcareous instead of siliceous skeletons. The oil is believed to be derived by a slow process of distillation from the numerous organic remains (largely diatoms) which constitute the Monterey shale.

The upper portion of the Monterey, like the lower, is to a large extent impregnated with bituminous material. It is apt almost anywhere in this region to give out a bituminous odor when broken or to show a brownish discoloration due to the

presence of oil. In many places the shale, which is otherwise white, is specked with minute black spots of bitumen. Thin sandy layers occur sparingly interbedded with the shale; and these, in almost every case, have absorbed considerable oil and have a dark-brown color and strong odor. These beds of sand, however, are very rare and make no appreciable proportion of the great bulk of the formation.

The soft varieties of the Monterey shale are almost invariably alkaline. They contain an abundance of salts that are easily soluble in water and form characteristic woolly coatings of efflorescence on the surface of outcrops. This is especially true near the summit of the formation, where a soft, clay-like gypsum-bearing shale locally marks the contact with the Fernando above.

The Monterey shale is unconformably covered by 3000 feet or more of the Fernando formation which is believed to extend from the upper Miocene to the lower Pleistocene in a conformable series. Some diatomaceous and clay shale occurs near the base of the Fernando, but the bulk of it is soft sandstone and gravel. The lower portion is of marine origin, while fresh water fossils are found near the top. The lower Fernando sandstones are the productive beds in the Arroyo Grande field briefly mentioned at the end of the paper.

There are several different Pleistocene and Recent formations that are younger than the latest Fernando. Three distinct classes can be made out,—terrace deposits, dune sand and alluvium.

The formations in this region are chiefly of sedimentary origin, but eruptive and intrusive igneous rocks of various ages appear. These are in all cases basic in composition. Deposits of volcanic ash high in silica are interbedded with the Monterey; these have been referred to under that heading.

STRUCTURE AND CONDITIONS AFFECTING THE PRESENCE OF OIL.

The area comprised within the limits of the Santa Maria district has been subjected to two systems of forces acting obliquely to each other, the one producing structural features which trend northwest and southeast, the other producing features which trend east and west. The northeast-southwest structure

system is probably the older and dominating one, as it results in the highest ranges and best developed folds. It conforms with the great system which has determined not only the Coast Ranges of California, but also the western border of the North American Continent. The forces producing the east-west features, although exceedingly effective from the west end of the Santa Ynez Range eastward to the region south of the end of the San Joaquin Valley, were not so far-reaching as the former, and probably began to exert themselves at a later date.

That portion of the area under discussion which lies to the northeast of the Santa Maria Valley is dominated almost completely by structural lines trending northwest and southeast, but in the extreme southern portion those trending east and west prevail. The region between these two well-marked systems is occupied by folds and faults some of whose component parts exhibit allegiance to one system and some to the other, but the resultant trend of which is intermediate between the two. In a general way the lines of disturbance as well as the topographic relief within this latter province radiate fanlike from the junction of the Santa Ynez and San Rafael ranges east of the town of Santa Ynez.

In the region the forces have more often found equilibrium in the production of folds than in adjustment by faulting. It is also apparent that these forces have acted intermittently along the same general lines throughout a long period of time. Several important faults are recognizable, however, and doubtless others will be revealed by detailed work, especially in the San Rafael Range.

The chief criteria for judging as to the presence or absence of oil in appreciable quantities have been the altitudes of the beds, their position in the formation, and the surface indications. Other minor evidences of a local nature have also been taken into account. In drawing conclusions from structural indications, the anticlinal theory has been used as a basis, because it appears to hold good in a majority of proved cases in this district. Although oil accumulation is affected by a complication of other circumstances, the anticline seems to be the chief favorable factor and affords a tangible and fairly trustworthy clue. Close folding appears to play a part in depriving beds of their oil, and excessive disturbance and fracturing is unfavorable to its re-

tention. Furthermore, the position of the beds in the formation is regarded as of great importance, since there is less likelihood that the oil-bearing strata, which seem to lie mainly low in the Monterey, were able to retain their contents when denuded of the greater part of the overlying formation or when themselves exposed or partially removed.

The chief surface indications are seepages of oil or tarry material, asphalt deposits, bituminous shale, and burnt shale. Asphalt occurs mainly in three ways — as a mixture of bituminous material with sand due to the absorption by overlying sand deposits of seepages from the shale, as hardened fillings of asphalt in cavities along joints and as saturated shale. The burnt shale is the rose-colored or slaglike rock often observed in this and other oil-bearing regions within the Monterey shale. It is the result of the burning of the hydrocarbons that have impregnated the shale, and its presence therefore indicates where these have existed.

As typical of the oil-bearing anticlines of the region may be taken the Mt. Solomon anticline along whose flanks is the principal developed field — the Santa Maria field, proper. This structural feature is well represented in the contour map, figure 2. It is characterized in general by a broad, rather gently arched top and steep sides, along which are developed minor folds and flexures. The axis of the main fold forms a compound curve, plunging at both ends. Most of the productive wells are located along its flanks although some of the best wells are located near its axis or near the axes of some of the minor folds.

GEOLOGY OF THE WELLS.

Four fairly well-defined oil-bearing zones are believed to be recognizable in the Santa Maria field. Of these at least two are found in practically every part of the field, although all vary more or less in thickness, composition, and yield from well to well. The most persistent zone in that part of the field which is best developed at the present time is the second, or B, zone. Above this in many of the wells is zone A; in others zone C is penetrated below it. The upper zone in the eastern group of Western Union wells, although above what is supposed to be the horizon of B, is probably considerably above the A zone

of the northern part of the field, where it appears to have no correlative.

Two areas, one on each flank of the Mount Solomon anticline, will be described more or less in detail as illustrative of the characteristics of the whole field.

THE PINAL-FOX-HOBBS AREA NORTH OF THE ANTICLINE.

The area comprising the Fox lease, the southwestern part of the Hobbs lease, and the northeastern portion of the Pinal property occupies the ridge and two adjacent canyons which extend northward from the central portion of Graciosa Ridge. The wells are located in an area of considerable structural disturbance caused by the development of two local anticlines on the northwestern flank of the main Mount Solomon anticline. These two minor flexures have been named after the companies under whose property they are best developed. Although the position assigned to them on the map is more or less hypothetical, the evidence in favor of it is fairly complete, and they explain some of the variations in production of adjacent wells.

Practically all the wells within this area start in the Monterey shale, and this is the prevailing formation to their bottoms. Certain portions of the shale are burnt to a brickred color by the combustion of their hydrocarbon contents, the burnt shale being encountered as low as 330 feet in one of the wells. The burning has so hardened the shale in places as to render drilling in them more difficult. A hard limestone "shell" layer was encountered in one of the wells just above the second, or B, oil zone. Tar or asphaltum occurs in some of the wells at a depth of about 600 feet; in others at various depths from 200 to 1,200 feet. The tar is often associated with black shale. Gas accumulations under "shell" and other impervious layers are of common occurrence both in the oil zones and locally in the barren overlying shale. Water is encountered in some of the wells at depths varying from 150 to 270 feet. This occurrence is noteworthy, as the wells in the group to the east are, so far as known, quite free from water in the shale. Its occurrence in the Fernando sands and conglomerates is to be ex-

pected, but its presence in sands interbedded with the Monterey shale is unusual for this field.

The first oil zone (A) is penetrated in the wells in this area at depths ranging from a little more than 1,600 feet down, or between 400 and 600 feet above zone B. Petroliferous strata occur in some of the wells above this horizon, but they are of little consequence as regards production. The thickness of zone A in the wells varies from 8 or 10 to nearly 150 feet, with several more or less important oil-bearing beds between this and the next lower, or B, zone. The productive measures of zone A consist largely of brown shale, probably seamed or jointed in such a way as to afford a reservoir for the oil, although certain of the wells may obtain their product from fine-grained sands interstratified with the shale.

The second oil zone (B) is the most important one in this area, although it is underlain over at least a part of the area by zone C, which is apparently even more productive. The thickness of zone B is variable, but most of the wells penetrate from 50 to 150 feet of productive strata at this horizon. The oilbearing beds are similar to those of zone A and consist largely of hard shale with some fine sands, although excellent examples of a true siliceous sand are obtained in many of the wells. A hard limestone "shell" overlies zone B in one of the wells.

The third oil zone (C) is penetrated by some of the deeper wells at a depth of about 300 or 400 feet below zone B. In one of the wells this C zone appears to be missing, although a good flow of oil is reported from the same hole about 500 feet below the point where it should occur.

Water underlies oil zone B in one of the wells and C in another. This occurrence of water below the oil, so common in most fields, is very rare in this one. It may be that in the course of time water will follow up and displace the oil in the productive zones, and the determination of this point will be awaited with a great deal of interest. Some of the wells in the Santa Maria field have been stopped in the midst of productive strata for fear of encountering water farther down, but whether or not these fears were well founded has never been established.

The oil from this group of wells is of a dark-brown color and varies in gravity from 24° to 28° Baumé, the lighter oil usually occurring in the wells nearest the main anticline; the average

gravity is between 25° and 26°. Much gas is associated with the oil in all of the wells.

The production of the individual wells varies from 60 to 1,000 barrels per day, the latter amount coming from a hole very eccentric in its behavior, as shown by its yield of 200 barrels on some days and as high as 1,000 on others; the average daily production for this well is 300 barrels. With the eccentric well omitted, the maximum production is about 500 barrels per day. One well which produced 150 barrels from zones A and B added 350 barrels to its output when deepened to zone C.

GRACIOSA-WESTERN UNION AREA SOUTH OF THE ANTICLINE

The wells at the northeast corner of the Graciosa and northwest corner of the Western Union properties are located on the point of the ridge which runs southward for more than a mile from the main Graciosa Ridge. The structure is apparently simple, being the southwestern flank of the hypothetical Newlove anticline. At least two minor folds occur on this flank, one apparently passing through Western Union wells Nos. 21 and 22, and the other occurring from three-eighths to five-eighths of a mile northwest of the first. The Newlove anticline as shown on the map is wholly hypothetical. It is the expression of the most plausible explanation of the relationship which is supposed to exist between the known Graciosa-Western Union and the eastern Western Union well areas. The surface evidence of the structure consists of a 10° SE. dip in the Fernando beds just north of the Graciosa wells, together with some more or less uncertain dips in the Monterey toward the head of the ridge, approximately parallel with which the anticline is supposed to run.

The wells all start in the sand of the Fernando, penetrating this formation for 70 to 300 feet. No water is reported from this sand, but in one of the wells asphaltum is said to have been found at its base. From the base of the Fernando to the top of the main productive horizon the formation consists of blue and brown shales, with many hard „shell“ layers, some sticky shale beds, and rarely a little sandy material. In some of the wells streaks of asphaltum are reported as occurring in the shale and in others gas is present under some of the „shells“.

The first oil zone (zone B of the northern part of the field) is reported from only one well. It is nearly 200 feet thick and is encountered at a depth of about 2,075 feet. Gas is associated with the oil in this zone.

The second and important oil zone of this area (C) is struck at depths of 2,670 feet or more and lies about 600 feet lower in the wells than zone B, which is apparently unproductive in most of the wells. According to the data in hand the productive zone varies in thickness from 18 to about 240 feet, and consists of alternating light and dark-colored flinty shales interbedded with varying amounts of sandy shale. No true sand, as ordinarily implied by the name, occurs in the productive zone of this area, so far as the writers were able to learn.

The oil from zone C runs from 25° to 27° Baumé, averaging well up between 26° and 27°, and has a brownish color. It comes from the wells at a temperature of about 95° F. and is usually accompanied by much gas. Some of the wells, however, are said to show a comparatively low gas pressure.

The production of the individual wells varies from 300 to 3,000 barrels per day, the flow often being unusually strong. None of the wells have been allowed to produce up to their full capacity, owing to the lack of storage and transportation facilities, so that even had they been down long enough for a thorough test (which is hardly the case, since nearly all have been finished since 1904), no definite conclusions could be drawn concerning their lasting properties.

Immediately east of the area just described is a group of wells penetrating an oil zone stratigraphically higher up than any encountered in other wells in the field. The wells in this area are from 1,200 to 1,500 feet in depth and yield from 5 to 150 barrels of 19° oil per day.

THE LOMPOC FIELD.

About six miles south of the Santa Maria field is the Lompo field, the productive wells of which penetrate the oil sands at the base of the Monterey. The wells are located on the flanks of an anticline similar to the Mount Solomon, and the geology of the wells is much like that of the wells in the Graciosa-Western Union area. The wells vary in depth from 2,000 to

over 4000 feet, the deepest well in this field being the deepest productive oil well in the world. Two grades of oil occur in the field, one, a black oil, varying from 18° to 24° in gravity, another a green oil of about 35° gravity. The production of the individual wells varies from 100 to 500 barrels per day and the flow is said to be very constant and to fall off but little after two or three years operating.

THE ARROYO GRANDE FIELD.

A new field about 20 to 25 miles north of the Santa Maria field is just being opened up, but as yet the productive area is undetermined.

The oil is derived from a great thickness of productive sands which probably represent the base of the Fernando (upper Miocene-Pliocene) and which rest on the upturned and more or less contorted shale of the Monterey. The Monterey is the oil-bearing formation in the Santa Maria district, and it is the ultimate source of the oil in this field also. The migration of the oil probably took place along the joint cracks in the shale, as was the case with the asphaltum in the Santa Maria and other fields. The oil on reaching the upper limit of the shale passed across the plane of unconformity and accumulated beneath an impervious shale in the porous sand at the base of the Fernando. Where this porous layer approaches the surface the more volatile parts of the oil have escaped and there remains nothing but the bitumen, while the more deeply covered sand retains the oil in its lighter and liquid state. The migration of the oil, as in every similar case coming under the notice of the writers, has been accompanied by a loss of its volatile constituents and a consequent lowering of the gravity. This is shown by the fact that while the gravity of the oil from the Monterey shale in the Santa Maria field averages about 25°, that from the Fernando formation in the Arroyo Grande field is only 14°. The best wells in this latter field yield 500 to 600 barrels of 14° oil per day.

PRODUCTION.

The production of oil in the Santa Maria district has been increasing rapidly in the last four or five years, but the in-

crease as shown by the figures of actual production does not fully indicate the increase of the capacity of the field. Lack of storage capacity, inadequate transportation facilities, and the low price of crude petroleum are factors which have kept down the total produced and marketed. Well drilling has been going on steadily ever since the field was opened, but only in a few instances have the companies pushed their production up to the limit for any length of time.

The production of the district, including the Santa Maria, Lompoc, and Arroyo Grande fields, for the last five years is as follows:

PRODUCTION OF CRUDE PETROLEUM IN SANTA MARIA OIL DISTRICT, 1902 — 1906.

	Barrels.
1902	59,283
1903	178,140
1904	1,367,174
1905	2,565,965
1906	4,906,513
	<hr/> 9,117,076

The estimated maximum capacity of field, Januar 1, 1907, is 40,400 barrels per day. All of the oil has an asphaltum base, and most of it will average above 25° gravity.

The daily production of the individual wells in this district varies from an initial output of 12,000 barrels in one well to a daily average of 5 barrels in another. The following statement concerning the production of Hartnell well No. 1, the greatest producer in the California oil fields, has been kindly furnished by Mr. Orcuzz, of the Union Oil Company:

„Well („Hartnell No. 1) started to flow over derrick through a 8¼ inch and between this and 10—inch casing December 3, 1904. Gas pressure was very heavy, estimated at 400 pounds per square inch — was probably much higher, however. Oil was measured in an open ditch by use of a miner's inch measuring box, and showed about 12,000 barrels per day. The flow continued for about sixty days and gradually weakened. September 1, 1905, the well was doing 3,069 barrels per day.

The oil was stored in earthen reservoirs, and the production to the above date is estimated at 1,500,000 barrels from this

well alone. Up to August 15, 1906, the total production for the well was something over 2,000,000 barrels.

The gas accompanying the initial flow of oil was estimated at 4,000,000 cubic feet per day. After the well had been gotten under control it furnished gas for running 20 boilers for well-drilling rigs, and in addition supplied the town of Orcutt (population about 200) with gas for domestic purposes. At the present time it is still yielding a constant flow, which is used for many purposes in Orcutt."

STORAGE CAPACITY.

The storage facilities of the district consist of steel and wooden tanks and open earthen reservoirs. The last are found only in the field and are used only temporarily or in cases of emergency. The total storage capacity of the district, not including the open reservoirs, is 1,464,000 barrels.

TRANSPORTATION FACILITIES.

The oil from the Santa Maria field is distributed by means of pipe lines, tank cars, and, in some instances, eventually by tank steamers. The principal pipe lines of the district are the four connecting the field with Port Harford and the one running from the Western Union wells at Gaviota, Casmalia, and Betteravia and the Pacific Coast at Carreaga and Orcutt. Tank steamers of the Associated, Standard, and Union oil companies take the product from Port Harford or Gaviota.

OPERATING COMPANIES.

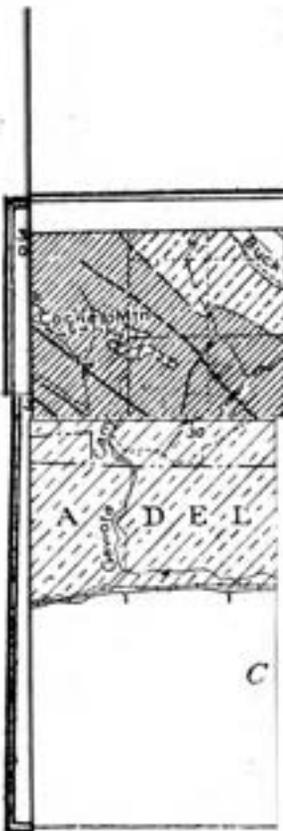
Fifty-two companies were operating in the district January 1, 1907. There were 95 productive wells, 25 abandoned, and 53 drilling.

UTILIZATION OF THE OIL.

Most of the oil from the Santa Maria district is refined, the lighter products being used for illuminants and for the direct generation of power in gas engines, while the heavier pro-

ducts and the unrefined heavy oil are utilized for fuel, lubricants, road dressing, etc. With the exception of a very small amount used locally, all the oil is exported, the greater part of the product at present, it is believed, going to the refineries near San Francisco. Contracts recently made with parties in South America, Japan and the Hawaiian Islands indicate that within a short time much of the product of the district will go to foreign lands.





THE GREATER

UNCONFORMIT

Lower Cretaceous) F

Fault

Generated at University of Oklahoma on 2022-04-09 16:24 GMT / https://hdl.handle.net/2027/uisup.3013202117602
 Public Domain in the United States; Google-digitized / https://www.hathitrust.org/access_uisup-as-google

