Principes des gisements de pétrole et de leur exploitation,

par M. Lucius, géologue.

(Avec deux planches.)

L'invention du moteur à combustion interne, le développement inouï de l'automobilisme et de l'aviation, l'application toujours croissante du combustible liquide dans les flottes de guerre comme dans la marine marchande, la consommation énorme d'huiles lubrifiantes ont placé le problème de l'approvisionnement en pétrole dans une phase qui a revêtu le caractère d'une véritable lutte mondiale pour la possession des gisements de ce liquide. De plus les conditions créées autour du problème des sources de pétrole russe ont éveillé l'attention de tous pour ce problème mondial, et c'est en relation directe avec cet intérêt général que j'ose présenter aux lecteurs de notre périodique quelques idées générales sur les lois qui régissent le mécanisme d'un gisement de pétrole et de son exploitation. Si je m'occupe particulièrement de la région de Grosnyi (Caucase du Nord), ce n'est pas pour intéresser le lecteur particulièrement à cette région, mais parce que Grosnyi représente non seulement un cas typique de ces gisements qui sont connus en bon nombre d'autres chaînes secondaires accompagnant la chaîne principale du Caucase au nord et au sud, mais parce que cette étude dégage des points de vue propres aux gisements et à l'exploitation du pétrole en général.

Tout le monde sait que le pétrole brut ou naphte représente un liquide renfermant des gaz très inflammables. Par distillation fractionnée on obtient du produit brut: de l'essence, du pétrole lampant, des huiles lubrifiantes et un résidu de la distillation nommé «mazout» ou «astatki».

De même que l'eau renfermée dans le sol, le naphte ne peut pas former des entrecouches comme les minerais ou la houille, mais il est emmagasiné dans les interstices d'une couche perméable. Aussi la couche perméable est-elle une première condition de l'existence d'un gisement pétrolifère.

Par conséquent, le rayon pétrolifère de Grosnyi, ainsi que tout autre rayon pétrolifère exploitable, sont composés de couches perméables de sable ou de grès peu compact. C'est dans les interstices intergranulaires que s'accumule le pétrole, et ces interstices occupent un volume maximum dans des sables à gros grains, dans des grès peu cimentés ou dans des calcaires très fissurés et crevassés. Ces interstices peuvent, dans des cas exceptionnels, occuper jusqu'à 40 % du volume total, mais la moyenne est de 15 à 30 %.

Si la couche perméable est une première condition pour emmagasiner le pétrole, il faut que le liquide chargé de gaz inflammable soit bien enfermé, ce qui est le cas du moment que la couche perméable est encaissée entre deux couches imperméables, c.-à-d. argileuses. Plus cette isolation est parfaite, plus le pétrole emmagasiné restera intact.

Mais la présence de pétrole exploitable est encore rattachée à une forme tectonique spéciale: au pli anticlinal. Ainsi nous rencontrons le pétrole dans le rayon des grandes chaînes plissées des Carpathes, du Caucase, des monts Alleghany etc. Cependant, fait remarquable et général, ce n'est pas dans les plis anticlinaux principaux formant la région des hautes chaînes, mais dans les plis secondaires des prémonts que se rencontrent les grands gisements. Ainsi, les gisements de la Galicie se trouvent dans la région précarpathique; il en est de même en Roumanie. Au Caucase, c'est dans les confins naissants et peu élevés de la chaîne principale, dans la presqu'île de Taman et d'Apchéron, ou dans les plis formant les prémonts au nord et au sud des hautes chaînes qu'on trouve le pétrole. D'ailleurs, les exemples de zones pétrolifères formant des plis anticlinaux secondaires et allant en direction parallèle avec la chaîne principale, se présentent également en Mésopotamie, en Perse, au Japon, dans les monts Alleghany, en Californie, au Mexique, dans les Andes, dans les îles de la Sonde etc.

Nous pouvons résumer qu'une roche perméable servant de magasin et encaissée entre des couches imperméables et dressées en pli anticlinal, sont des conditions primordiales d'un gisement exploitable. (Voir planche I.)

Chaque rayon pétrolifère se compose donc d'une série de couches de composition pétrographique variable, perméables et imperméables. Les sables et grès représentent des dépôts deltaïques, lacustres ou d'une mer peu profonde; les argiles sont des dépôts d'une mer plus profonde, mais en somme, sable, grès, calcaire ou argile sont des dépôts formés dans l'eau, ce qui est d'ailleurs prouvé par la présence de restes organiques aquatiques. Les couches perméables sont donc, dès leur formation, imbibées d'eau, car ce ne sont qne les dépôts terrigènes que l'on peut, dès leur origine supposer secs. Une alternation de couches perméables avec des couches imperméables, comme c'est le cas dans tout gisement pétrolifère, crée les conditions les plus favorables pour l'accumulation de l'eau. L'eau est par conséquent le facteur primaire dans la couche perméable et le pétrole est le facteur secondaire, qui occupe la place de l'eau en la refoulant. Car qu'on se place au point de vue d'une origine organique ou inorganique du pétrole, personne ne peut plus nier la migration de ce liquide, ce qui veut dire que le

pétrole n'a pas pris naissance dans les couches où nous le trouvons maintenant, mais ces couches représentent seulement des bassins d'accumulation et d'emmagasinement. Le naphte a une origine plus profonde et il a migré en haut en s'accumulant dans des couches perméables. Cette migration a eu lieu sous la pression latérale qui formait les plis de l'écorce terrestre et sous la pression du gaz enfermé dans le naphte. C'est probablement le gaz qui jouait le rôle prépondérant dans ce déplacement vertical. La période du plissement représente naturellement le moment propice, car autant que les couches sont dans une position horizontale, il n'existe aucune raison pour que le naphte, dispersé dans une couche quelconque qui se trouvait justement dans les conditions propices à la formation de pétrole, s'accumule dans une région déterminée de préférence à une autre. Mais dès que le mouvement tectonique plissant commençait, il y avait dérangement de l'équilibre établi; sous la pression, les couches deviennent plus compactes dans les synclinaux et plus friables dans les voûtes anticlinales; la pression hydrostatique de l'eau contenue dans un point donné de la couche perméable avant et après le plissement est changée; l'eau s'accumule dans les cuvettes synclinales et le pétrole, poussé par la force expansive des gaz absorbés, monte vers les régions de moindre résistance et s'accumule par conséquent dans les plis anticlinaux où la couche est plus étirée, et par conséquent, moins compacte et où la pression de l'eau représente maintenant un minimum. Sous la force expansive des gaz, l'eau est refoulée dans les cuvettes jusqu'à création de l'équilibre entre la pression hydrostatique et la pression du gaz. Le gaz, pour autant qu'il n'est pas absorbé par le pétrole et qu'il est pour ainsi dire en excès, s'accumule tantôt dans des couches perméables, distinctement séparées des couches pétrolifères, tantôt dans les points les plus élevés de l'axe c.-à-d. dans les coupoles.

Tel est, réduit à son expression la plus simple, le mécanisme de la répartition du pétrole et de l'eau que nous pouvons résumer de la façon suivante:

1) L'eau est le facteur primaire, le naphte le facteur secondaire dans la couche perméable.

2) Il y a dans chaque pli terrestre pétrolifère non touché un plan de séparation entre l'eau et le pétrole. Ce plan de séparation est différent pour les différentes couches pétrolifères. (Voir pl. I, fig. 1 et pl. II, fig 1, couches VIII et XI.)

3) La distance de ce plan de séparation entre l'eau et le pétrole de l'axe anticlinal est en relation directe avec la pression du gaz et du pétrole; il y a équilibre.

Ouvrons maintenant la couche pétrolifère, scellée jusqu'à ce moment par la couche imperméable superposée, en forant un puits.

Souvent sous la pression du gaz, le pétrole jaillit comme le vin mousseux jaillit de la bouteille sous la pression de l'acide carbonique absorbé. Après quelque temps la pression du gaz aura tant diminué qu'il faut pomper le liquide et après un intervalle plus ou moins long, mais qui surpasse rarement 4—5 ans, le puits est épuisé. Donc en retirant par un puits du pétrole et par conséquent aussi du gaz, nous dérangerons l'équilibre établi entre l'eau et le pétrole; l'eau montera vers l'axe à mesure que le pétrole est exploité.

Par le mécanisme même de la répartition du pétrole et de l'eau, il devient évident qu'à une certaine distance de l'axe un puits d'exploitation ne rencontrera que de l'eau. Mais il y a aussi des couches perméables qui n'ont que de l'eau même sur l'axe du pli anticlinal; il faut donc traverser ces couches aquifères avant d'arriver aux couches pétrolifères. (Voir pl. I, les couches 1—4.)

D'autre part nous avons vu que même les couches pétrolifères contiennent dans leur prolongement vers le pli synclinal de l'eau et que ce plan de séparation est à distance inégale de l'axe anticlinal pour les diverses couches pétrolifères. (Voir pl. I, les couches I, II, III, VIII et XI.)

Si un rayon pétrolifère contient plusieurs couches exploitables, il va de soi que nous rencontrerons le plus grand nombre de couches productives sur l'axe même de l'anticlinal ou à proximité de l'axe. Plus nous nous éloignons de l'axe, plus les couches aquifères qu'un puits aura à passer, seront nombreuses. Mais il y a également lieu de dire que plus l'exploitation est avancée, plus nous avons la chance de rencontrer de l'eau, montée vers l'axe en conséquence de la diminution de la pression du gaz et du pétrole.

D'après la nature des choses, les couches aquifères sont séparées par des couches imperméables des couches pétrolifères, de même que les diverses couches pétrolifères sont séparées entre elles par des couches également imperméables. Mais souvent les couches aquifères sont superposées aux couches naphtifères, dites productives. D'un autre côté les couches productives, en descendant vers la cuvette synclinale, passent quelque part, à une distance différente pour les diverses couches, à l'état de couches aquifères. Dans le cas où il y a superposition des couches aquifères aux couches productives, il faut passer les couches aquifères et percer la couche imperméable qui les sépare des couches productives situées au-dessous. Par le fait du forage même on crée un passage aux eaux par lequel elles se déverseraient dans les couches pétrolifères et rendraient l'exploitation impossible si on n'isolait pas les couches aquifères. C'est cette isolation, une des opérations les plus délicates du forage, qui est désignée par fermeture des eaux. Si cette isolation est négligée ou si elle ne réussit pas, la couche productive sera bientôt inondée, et l'inondation est la mort du gisement de pétrole.

Tel est le principe, mais le principe n'est qu'une abstraction créée par le travail de l'esprit humain, en éliminant l'accidentel de l'essentiel, tandis que dans la nature il y a complication par l'union intime de l'accidentel et de l'essentiel, de la règle et de l'exception. Mais qu'on se garde de voir dans la recherche du principe un jeu académique; il en est en géologie comme en toute autre science sérieuse, il faut d'abord les recherches scientifiques pour que les conséquences pratiques en découlent logiquement.

Mais pour saisir de plus près la réalité, nous allons appliquer les données théoriques à l'exemple pratique.

Dans le bassin pétrolifère de Grosnyi nous connaissons jusqu'à présent 17 couches de sable ou de grès qui contiennent du naphte. (Voir la coupe planche I.) La richesse en pétrole ne varie non seulement d'une couche à l'autre, mais encore dans une même couche considérée en différents endroits du bassin. Parmi les 700 puits existants, il n'y a probablement aucune coupe connue où toutes ces couches soient à la fois pétrolifères. La puissance des couches, leur extension, leur caractère pétrographique varient aussi incessamment, ce qui explique la difficulté de les identifier dans différents puits situés à quelque distance l'un de l'autre. Pour la pratique on a désigné ces couches par des chiffres romains de I à XVII; je souligne que cette division n'a qu'une valeur pratique, une subdivision d'une valeur scientifique reste encore à créer.

En forant un puits (voir les deux planches), nous rencontrerons d'abord une suite d'argile schisteuse et d'argile avec minces entrecouches de bancs de calcaire dolomitique, puis quatre couches de grès tendres et de sable qui, avec les entrecouches d'argile intercalées, ont une puissance de 90 à 100 m. Il va de soi que la suite d'argile schisteuse et d'argile a une puissance variable qui augmente en s'éloignant de l'axe anticlinal vers l'axe synclinal. Mais l'axe anticlinal lui-même est ondulé et présente des bombements ou coupoles. (Voir l'esquisse géologique, pl. II.) Dans la coupole la plus élevée les grès tendres affleurent, tandisque dans les puits les plus éloignés de l'axe ils se rencontrent à une profondeur de 550 à 600 m. Mais l'axe même plonge sous un angle de 3 à 5 degrés des coupoles vers les aires d'ennoyage qui confinent au pli anticlinal à l'est et à l'ouest; aussi l'axe d'une couche déterminée se trouve-t-il ici, les niveaux de surface étant égaux, à 600 jusqu'à 650 m plus bas que sur les coupoles. Cette suite de grès tendres mentionnée plus haut renferme presque partout de l'eau et forme le premier horizon aquifère. D'après le fossile caractéristique on les appelle aussi couches à Spaniodontella. C'est l'horizon aquifère le plus étendu du rayon, mais sur les deux coupoles les grès sont pétrolifères. Il y a des

puits sur les coupoles où «l'horizon aquifère supérieur» donne du naphte jusqu'à ce jour, dans d'autres puits l'eau a fait son apparition seulement après épuisement de la provision de naphte accumulée dans la couche. Contrairement à ces puits situés sur les points culminants de l'axe ou à proximité, dans les puits qui se trouvent très éloignés de l'axe dans la direction du fond du synclinal, le premier horizon aquifère comprend, en dehors de ces quatre couches que nous désignons par les chiffres arabes 1, 2, 3 et 4, les couches ailleurs naphtifères I, II et III. Il en est de même dans les parties du rayon où l'axe marque son affaissement maximum, c.-à-d. aux confins est et ouest (la direction de l'axe étant à peu près la direction est-ouest). Mais il n'y a non seulement variation dans la puissance du 1er horizon aquifère, il y a variation dans la pression hydrostatique, dans la température et dans la quantité d'eau des différents puits traversant en différents points le 1er horizon aquifère. Tandis que, dans la partie centrale du rayon, la température de l'eau est de 20—25 degrés, le débit est modéré et le niveau hydrostatique reste à 60—80 m de la surface; dans le rayon de l'affaissement de l'axe l'eau est jaillissante et le débit peut être jusqu'à 3.000.000 de litres par 24 heures avec une température de 54 à 80 degrés.

La couche VIII est naphtifère dans la partie centrale du bassin sur l'axe même et jusqu'à une distance de 240 à 320 m de l'axe vers le sud, mais cette même couche est encore aquifère aussi bien sur l'axe que sur le flanc de l'anticlinal dans les parties d'affaissement, c.-à-d. à l'est et à l'ouest du rayon. Il en est de même de la couche XI, mais à une distance de 600 à 800 m de l'axe vers le sud; aussi reste-elle productive à une plus grande distance dans la direction de l'affaissement de l'axe.

Toutes ces variations dans la puissance et dans le nombre des horizons aquifères s'expliquent par les principes de répartition du naphte et de l'eau, exposés au commencement de ces notes.

Nous avons déjà expliqué plus haut que par fermeture on comprend dans l'exploitation du pétrole l'isolation des couches aquifères pour empêcher le déversement de l'eau dans les couches productives. Si le puits en forage a passé le 1er horizon aquifère, la fermeture est placée dans la couche imperméable se trouvant entre le 1er horizon aquifère de la 1re couche pétrolifère. Nous la désignons par 1re fermeture. (Pl. I, puits Nos 2 et 3.) En principe la fermeture représente une masse imperméable (argile plastique, ciment, anneau en caoutchouc), qui remplit d'une façon étanche l'intervalle entre la roche et une colonne hermétique que l'on descend dans le puits jusqu'à la profondeur où la fermeture doit se faire. Supposons notre puits à une certaine distance de l'axe. (Pl. I, puits N° 4.) La première fermeture réussie, on exploitera les

couches productives, disons jusqu'à la VIIIme inclusivement. Supposons que la distance du puits à l'axe soit choisie d'une manière telle que, dans les premiers mois de l'exploitation, nous recueillons du pétrole pur de la VIIIme couche; après quelque temps nous observerons que le pétrole est mélangé d'eau, et ce pourcentage en eau ne va qu'en augmentant. Le fait est qu'en donnant une issue au pétrole et au gaz, nous avons déplacé le plan de partage entre l'eau et le naphte, et l'eau est montée vers l'axe à cause de la diminution de la contreforce du gaz et du pétrole. Dans ce cas-ci, malgré un isolement parfait des couches supérieures aquifères, nous aurons de l'eau, l'eau de la VIIIme couche qui est aquifère à une certaine distance de l'axe. Contre ce phénomène naturel il n'y a pas de remède; la 1re fermeture a rendu tous les services qu'on pouvait lui demander. Il ne reste qu'à approfondir le puits et à isoler ce deuxième horizon aquifère par une seconde fermeture pour protéger les couches inférieures à la VIIIme contre l'inondation par cette dernière. Considérons maintenant un puits situé encore plus loin de l'axe anticlinal (pl. I, puits N° 6); nous passons le 1er horizon aquifère, nous appliquons une 1re fermeture, nous exploitons les couches naphtifères supérieures et, après épuisement, nous approfondissons. La VIIIme couche sera ici nettement aquifère; nous fermons une seconde fois au-dessous de cette couche et nous exploitons p. ex. la Xme couche; après épuisement nous entrons dans la XIme laquelle, au commencement, donnera peut-être du pétrole, mais après un certain temps nous verrons se répéter le phénomène décrit plus haut, pour la VIIIme couche, c.-à-d. peu à peu le pétrole sera remplacé par de l'eau. Nouveau approfondissement des couches inférieures à la XIme, isolation de la XIme par une 3me fermeture placée dans la couche d'argile entre la XIme et la XIIme couche et exploitation des couches situées plus bas que la XIme.

Quelle est donc cette influence nuisible de l'eau sur la productivité des couches pétrolifères qui demande une attention si minutieuse pour fermer en bonne place et avec le plus grand soin les eaux contenues dans les couches aquifères?

Dans les débuts de l'exploitation, tant en Russie qu'ailleurs, on ignorait tout à fait le danger que récèlent les couches aquifères et on ne savait rien d'une fermeture. A Bakou comme à Grosnyi p. ex. le naphte, sous la pression des gaz absorbés, avait une telle force d'ascension qu'il jaillissait souvent en immenses fontaines, donnant de 500.000 à 1.000.000 de tonnes de pétrole brut par puits, et la pression de gaz s'élevait parfois à 40 atmosphères; par cette pression qui s'exerçait naturellement sur les parois du puits, le naphte empêchait l'eau de sortir des couches aquifères. Mais quand par suite d'une exploitation intense, les gaz sortaient par de nombreux orifices et que, en conséquence, la pression tombait, on s'aper-

cevait que l'eau s'ajoutait au pétrole, et cette quantité d'eau augmentait très vite, mais la quantité de pétrole diminuait aussi continuellement. Une simple réflexion nous fait maintenant entrevoir les suites de cette inondation du puits par l'eau des horizons aquifères. Dès que la pression hydrostatique de l'eau l'emporte sur celle du pétrole, celui-ci est refoulé dans la couche et ne peut sortir que quand par suite d'un pompage énergique on diminue la colonne d'eau du puits. Mois comme l'eau est ordinairement beaucoup plus abondante que le pétrole, il arrive qu'on exploite un petit pourcentage de liquide utile, et le restant n'est qu'une charge nuisible et coûteuse. L'eau refoule donc le naphte, mais s'il n'y avait que refoulement, on pourrait espérer pouvoir recueillir dans un autre puits ce que l'on perd dans le puits inondé. On entend quelquefois le raisonnement que, en réalité, le naphte disparaît dans le puits inondé, mais qu'il ne se perd pas, qu'il ne fait que se déplacer et qu'on le retrouvera ailleurs. Théoriquement le naphte n'est pas perdu, mais pratiquement c'est bien le cas et il faut bien l'avouer: une couche inondée est une couche perdue. Voici pourquoi: Les couches sont souvent loin d'être remplies de naphte dans tout leur volume; il y a parfois du gaz en excès, il y a des parties vides de pétrole et il existe donc la possibilité que l'eau entre avant tout dans ces parties libres de la couche; elle absorbe le gaz en excès, elle entre sur de grandes étendues en contact avec le naphte et, sous l'influence du gaz, de la pression et de la chaleur se forme ce mélange intime d'eau, de naphte et d'argile extrêmement fine en suspension qu'on désigne par «émulsion», mélange qui se sépare complètement dans le laboratoire seulement, à l'aide d'une centrifuge ou en ajoutant des quantités déterminées de sable quartzeux. Jusqu'à présent il n'y a pas de procédé de séparation qui ait une valeur pratique, et pour l'industrie la plus grande partie de l'émulsion est un liquide sans valeur. Ce n'est qu'un petit pourcentage du pétrole qui se sépare de l'émulsion dans les réservoirs, et il y a des émulsions mélangées tellement intimes qu'elles sont réfractaires à tout essai de séparation.

Mais supposons même que l'émulsion ne se forme pas, ce qui arrive aussi; alors nous avons, par suite de l'inondation, un excès de frais d'exploitation en relation directe avec le pourcentage d'eau. D'ailleurs chaque puits retire le naphte de la couche seulement à une certaine étendue qui forme son rayon d'alimentation. Ce rayon d'alimentation est dans les couches peu inclinées un cercle ayant pour centre le puits. La pression de l'eau peut être tellement grande que le pétrole est complètement refoulé en dehors du rayon d'alimentation du puits, ou la quantité peut être tellement abondante que la pompe n'est pas en état de venir à bout de l'affluence de l'eau et qu'il faut abandonner un puits qui, dans des conditions nor-

males, aurait donné une belle exploitation. Abandonner un puits qui a coûté des centaines de milliers de francs est un geste auquel une Société ne se voue pas sans regret. On peut donc dire sans exagération que l'inondation est le plus grand ennemi de l'exploitation et que c'est le combat sans relâche contre l'inondation qui est, ou devrait être, le souci principal des Sociétés exploitant les sources de pétrole.

Or, il résulte de l'histoire de l'industrie des pétroles en Russie et ailleurs qu'on ne fermait pas l'eau au début de l'exploitation, et que c'est seulement par suite de la diminution de la production par l'inondation qu'on a associé les géologues au personnel technique des exploitations. C'est en étudiant la construction géologique des gisements qu'on est arrivé à prendre ces mesures qui, en se généralisant et en se précisant, donnaient naissance aux prescriptions qui règlent aujourd'hui la fermeture d'eau pour chaque rayon déterminé. Il y a donc, dans chacun des rayons qui étaient en exploitation dès le début de l'industrie pétrolifère, de vieux puits dans lesquels il n'existe pas du tout de fermeture et qui permettent à l'eau de se répandre dans les couches productives. Mais il ne suffit pas de faire une fermeture, il faut la mettre en bonne place, c.-à-d. dans l'argile qui sépare l'horizon aquifère des couches productives, autrement l'eau entre dans les couches productives par l'intermédiaire du puits dans lequel la fermeture est placée trop haut ou trop bas. (Voir pl. I, puits 5.) Identifier une même couche est quelquefois assez difficile pour des raisons que nous ne pouvons pas développer ici. De plus il arrive qu'une fermeture bien placée et irréprochablement construite cède à la pression de l'eau pour une raison ou l'autre. On s'aperçoit que les occasions qui prêtent à l'inondation ne sont pas rares et que les cas où l'eau est constatée dans un puits s'offrent surtout assez fréquemment dans un gisement depuis longtemps en exploitation. Dès que l'eau est constatée dans un puits, on doit se poser ces questions: Y a-t-il communication entre un horizon aquifère supérieur et la couche naphtifère, faute d'isolement parfait par la fermeture (p. ex. pl. I, puits N° 2)? La fermeture, quoique bien construite, est-elle en bonne place? Y a-t-il déplacement du plan de séparation entre l'eau et le naphte dans la direction vers l'axe par suite d'épuisement de la couche ou, pour employer un terme technique, avons-nous à faire à «l'eau synclinale»? Dans ces cas nous avons une inondation que je désigne comme «active», par opposition à l'inondation passive dont le caractère sera fixé plus bas.

Il va de soi que, quand l'eau qui se montre dans le puits de forage est «synclinale», il n'y a pas de remède contre le mal; c'est une couche épuisée, c'est la fin d'une évolution naturelle dans l'industrie et dans ce cas, il n'y a qu'une chose à faire: approfondir et

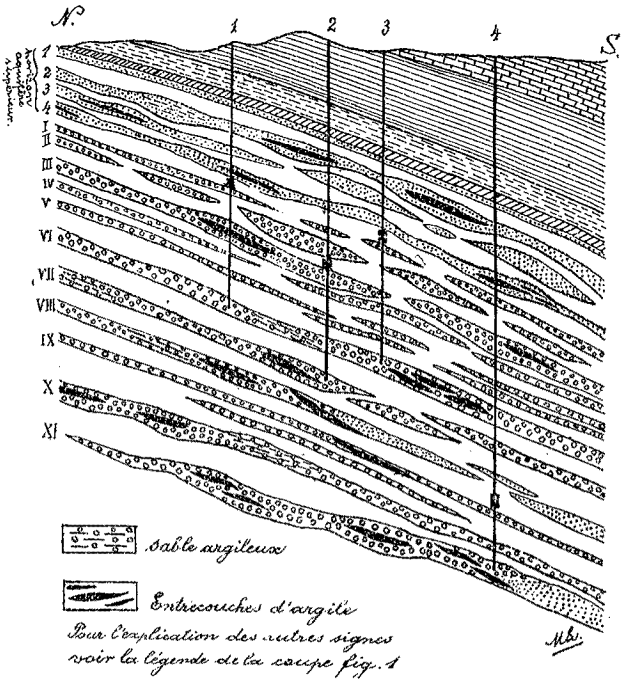
isoler les couches inférieures par une fermeture de cette couche épuisée et maintenant aquifère jusqu'à une distance déterminée de l'axe. Dans le cas d'une rupture de fermeture, d'une fermeture mal faite ou mal placée, on peut, théoriquement, refaire la fermeture; pratiquement on réussit quelquefois dans cette opération, mais dans le plus grand nombre des cas, on se trouve en face d'un grand danger pour le rayon pétrolifère, et il ne faut pas tarder d'enrayer ce danger par des mesures efficaces dont la description n'entre pas dans le cadre de notre causerie. Le danger du mal consiste surtout en ceci que, suivant le caractère pétrographique de la couche, l'inondation s'étend plus ou moins vite sur une grande étendue de la couche, et un seul puits mal construit inondera dans un certain temps les autres puits malgré que ceux-ci possèdent une fermeture parfaite, car ce puits mal construit fonctionne comme un vrai centre d'infection, et on le désigne comme foyer d'inondation. Les puits inondés pour ainsi dire par infection sont dits puits inondés «passivement». Si encore tous les puits d'un bassin déterminé exploitaient la même couche, on ne risquerait la perte que de cette couche, mais comme les différents puits s'arrêtent à différentes couches, l'inondation se répand peu à peu sur le gisement tout entier.

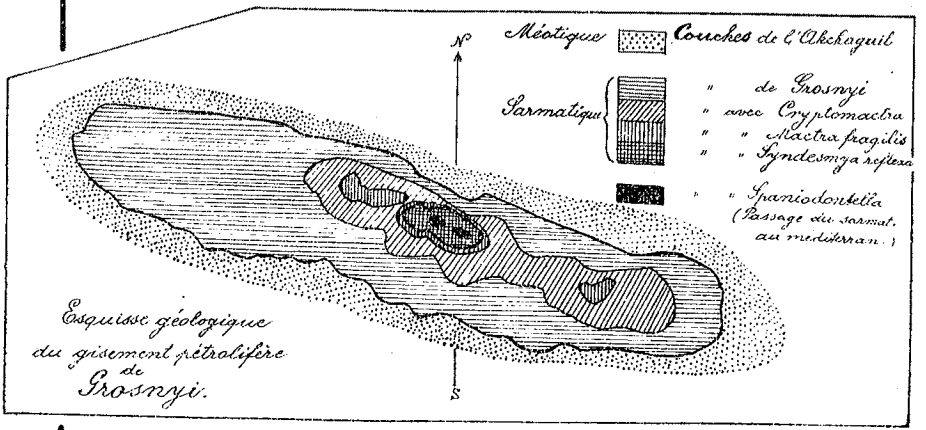
L'inondation est un danger qui menace surtout les gisements déjà avancés dans l'exploitation, mais arrêtés par une cause quelconque. Tel est le cas des gisements russes de Bakou et de Grosnyi, dans lesquels une augmentation d'eau rapide et générale s'est fait remarquer depuis 1917, c.-à-d. depuis la période d'inactivité causée par la guerre civile. Il est vrai que, pendant ce temps, il y a eu des cas où des fermetures bien faites ont cédé à la pression des eaux supérieures, mais ce sont là de rares exceptions. Dans les gisements russes se confirme d'une manière frappante le fait qu'une entreprise d'exploitation de pétrole qui a déjà une tendance vers l'inondation, ne perd jamais plus que quand elle est arrêtée. Pendant les nombreuses grèves qui, en Russie, ont sévi dans cette industrie depuis 1905 (première année où la production de la Russie était inférieure à celle des Etats-Unis pour s'en écarter chaque année de plus en plus dans une ligne descendante), on a toujours remarqué que la perte en liquide non exploité pendant cet arrêt comptait bien moins que les dégâts causés par suite d'inondations, de glissements et d'éboulements dans les puits pendant ce temps d'arrêt. Nous nous trouvons en Russie en face du même phénomène, mais qui a pris des dimensions inconnues.

Aucune mesure n'a pu être prise jusqu'à maintenant. Ce temps d'inactivité et de désorganisation qui commence en 1917 et qui dure encore, est une période de ruine pour l'industrie des pétroles parce qu'aucune force ne s'oppose au progrès de l'inon-

Planche II.

Coupe transversale par le flanc sud du pli anticlinal pétrolifère de Grosnyi.





Esquisse géologique du gisement pétrolifère de Grosnyi.

dation. Rien ne démontre plus la stérilité des méthodes préconisées maintenant dans ce pays que la ruine d'une industrie qui, de 1898—1904, était la première du monde et dont la production a diminué aujourd'hui de 50 % de ce qu'elle était encore en 1916. En temps normal 70 % des puits forés jusqu'aux couches productives étaient en exploitation. Ceux qui avaient de l'eau mélangée au pétrole déversaient par conséquent avec le liquide utile une quantité considérable d'eau, et cette eau déversée n'entrait pas dans les couches productives. Les progrès de l'inondation étaient par conséquent fortement ralentis par le fait même de l'exploitation. Mais de 1918 à 1920, l'exploitation était arrêtée complètement à Grosnyi. Après 1920 sont repris seulement 15 à 20 % du nombre total des puits. Dans une si longue période d'inactivité l'eau entre partout où la pression du gaz et le caractère pétrographique de la couche le permettent, et elle est seulement arrêtée lorqu'un obstacle naturel, soit une faille, soit l'imperméabilité de la couche s'oppose à ces progrès. A la fin du compte l'inondation tend vers un certain équilibre qui s'établit plus ou moins vite dans les différentes parties du bassin. Si on avait remis en exploitation tous les puits à la fois, on aurait diminué sensiblement la quantité d'eau, on aurait baissé son niveau, et on aurait pu débarrasser de l'eau ces puits qui, malgré une bonne fermeture, donnent accès à l'eau dans les couches inférieures par suite de cette circonstance que l'eau entre dans le puits en suivant une couche perméable située au-dessous de la fermeture en règle, comme le cas est représenté par les puits Nos 4 et 7 de la pl. I (puits inondés passivement). Mais au lieu de mettre 70 % des puits en marche comme en temps normal, les soviets reprenaient seulement 15 % des puits qui avaient donné en 1917 les meilleurs résultats. Qu'est-ce qui arrivait? Dans les 15 % de puits (c'est le chiffre de Grosnyi, à Bakou il y en avait encore moins), on retirait du liquide et on détruisait l'équilibre des liquides une fois établi plus ou moins complètement pendant ce long arrêt. Dans ces puits on créait, pour ainsi dire, un minimum de pression et de résistance, et l'eau affluait avec avidité par la couche pétrolifère et perméable vers ce puits comme vers un centre de moindre résistance. Ce mouvement de l'eau vers ce puits créait naturellement des voies de communication toujours plus faciles et, en exploitant ainsi ce petit nombre de puits, on ne diminuait pas sensiblement l'eau, on l'appelait, pour ainsi dire, vers les meilleurs puits, et dès la reprise des travaux par les soviets l'inondation faisait des progrès qui alarmaient même les plus fervents adhérents du système actuellement en vigueur en Russie. C'est le gouvernement lui-même qui a continué à ruiner par sa manière d'exploitation ce qu'il appelait toujours avec tant d'onction «la propriété du peuple travailleur». Pour caractériser l'incapacité du système soviétique sur un autre

terrain de l'industrie des pétroles, citons le fait suivant: pour maintenir la production à un niveau égal, les Sociétés foraient en temps normal, dans le bassin de Grosnyi, 50 à 55 000 mètres par an pour remplacer ainsi par de nouveaux puits les vieux puits épuisés; les soviètes foraient par an mille mètres. Malgré les réclamations des géologues qui ne cessaient de démontrer combien cette façon d'exploiter était ruineuse, ce qui était prouvé d'ailleurs par les chiffres de production, on n'y tenait compte que sur le papier, mais on prouvait par les faits que le seul principe qu'on poursuivait était celui d'avoir du naphte pour le moment, et «*après nous le déluge*». De cette façon on a ruiné le bassin houiller du Donez par l'inondation, et on est sur le point de ruiner l'industrie des pétroles du pays, si un terme n'est pas bientôt mis à cette façon d'exploitation.

Si nous réfléchissons sur toutes les possibilités d'inondation qui s'offrent dans des rayons pétrolifères, comme p. ex. celui de Grosnyi ou de Bakou dans lesquels existent de vieux puits mal construits depuis 20 à 30 ans, on ne s'étonnera pas que l'inondation ait pris de telles dimensions, mais il faut s'étonner de ce qu'il reste encore des puits, et jusqu'en 1917 ils étaient nombreux, qui ne soient pas inondés. On rencontre parfois des puits qui sont entourés de toutes parts de puits inondés et qui donnent quand même du pétrole pur qui provient de cette même couche de laquelle les puits entourants prennent un fort pourcentage d'eau. On observe aussi que l'eau, dans son déplacement, choisit une certaine direction de préférence à une autre. L'explication de ces faits se trouve dans quelques particularités géologiques du gisement. Pour faire saisir plus clairement le mécanisme de la répartition du naphte et de l'eau et l'effet de l'inondation, nous avons un peu simplifié et généralisé dans notre coupe, pl. I, fig. 1. C'est le moment maintenant de serrer de plus près la réalité des choses ce qui expliquera aussi les soi-disant irrégularités dans les chemins que l'eau prend dans une couche productive, dans laquelle elle entre par une cause quelconque.

Comme nous l'avons exposé au commencement de ces notes, les couches perméables d'un gisement, couches qui se composent ordinairement de sable et de grès, ont pris naissance au bord d'une mer: ce sont des formations littorales. Les formations littorales sont caractérisées par un changement rapide de la composition pétrographique, de la puissance et de l'étendue des couches. Le grès passe à courte distance en grès argileux et plus loin en argile gréseuse ou sablonneuse; la puissance de la couche est très variable; elle se gonfle, s'amincit, et la couche se termine souvent en biseau pour reprendre naissance plus loin; on rencontre des enchevêtrements de couches argileuses et gréseuses; des entrecouches d'argile s'intercalent dans le sable; en un mot: la continuité des couches et l'uni-

formité de leur composition pétrographique font souvent défaut à grande distance. Si nous parlons donc de quatre couches de sables aquifères supérieurs et de dix-sept couches de grès ou de sables pétrolifères, c'est une généralisation et une identification qui n'existent pas aussi nettement dans la réalité que ne le fait supposer notre coupe, pl. I, fig. 1. La réalité des choses est ébauchée dans la coupe, pl. II, fig. 1. S'il existait par ex., à Grosnyi, une continuité des couches et une uniformité du caractère pétrographique aussi rigoureuses que la nomenclature ne veut le faire croire, tous les puits existants et encore à forer ne trouveraient que du pétrole avec de l'eau. Mais sauf les couches stériles supérieures qui ont un caractère uniforme sur une grande étendue, les grès et sables aquifères et productifs présentent des emboîtements d'argile, des gonflements et des étranglements; en un mot: il existe toute une série de facteurs qui empêchent ou ralentissent le mouvement du liquide enfermé dans les interstices de la roche. De plus il existe encore des failles qui, en juxtaposant souvent des couches perméables aux couches imperméables, créent pour ainsi dire des compartiments étanches. Ainsi sur la pl. II, fig. 1 les puits 2 et 3, malgré qu'ils inondent activement, n'ont pas d'effets sur les puits 1 et 4, parce que, pratiquement, il n'existe pas de communication entre eux. L'étude plus approfondie de la réalité prouve partout l'existence d'un certain nombre de provinces indépendantes pour ainsi dire les unes des autres et conditionnées par les différences pétrographiques, la discontinuité des couches et l'existence de failles. La nature a pris, pour ainsi dire, elle-même des mesures contre le mouvement trop étendu de l'inondation.

Tracer les contours de ces provinces est un des devoirs les plus délicats du géologue; c'est en même temps la toute dernière acquisition de la science géologique qui peut rendre de grands services dans le combat contre l'inondation; cette lutte s'imposera dans les gisements de pétrole russe dès que les conditions d'une exploitation rationnelle seront de nouveau réalisées dans ce pays.

Le 12 mai 1922.

Kleinere Mitteilungen.

1. — Rohrdommel und Trappe.

Anfang April dieses Jahres berichtete eine hiesige Tageszeitung wiederum über eine seltene Jagdbeute, ein Rohrdommelmännchen, das von unserm Mitglied, Herrn Tierarzt Paul Koch, in der Nähe von Pulvermühl abgeschossen worden war.

Die Rohrdommel war früher eine häufige Bewohnerin unserer Weiher und Teiche. Seit diese Weiher und Teiche bei uns selten ge-