M. Eugène Beck nous rend attentifs au fait qu'à côté de l'Anacardier oriental il y a un Anacardier occidental originaire de l'Amérique centrale (Antilles) et de l'Amérique du Sud (Brésil). C'est l'Anacardium occidentale L. — l'Acajou ou Mahogoni — der Acajoubaum, Mahagonibaum, Maranonbaum, westindische Kaschubaum, westindische Tintenbaum, westindische Nierenbaum.

Les fruits de l'Anacardier occidental représentent un ensemble curieux de «pomme» et de «noix». La «pomme» n'est autre chose que le pédoncule hypertrophié et fortement succulent. Mais il est piriforme plutôt, et cette «pomme» ou «poire» est d'un rouge attrayant et d'un goût qui n'est pas désagréable. Aux Antilles et au Brésil, ce pédoncule charnu est servi à table comme fruit confit, et on en fabrique des confitures, des limonades, voire même des boissons fermentées.

C'est cette «pomme» alors qui porte le véritable fruit de l'Anacardier occidental: la noix d'acajou — Acajounuß, Mahagoninuß, westindische Tintennuß, westindische Elefantenlaus. Seulement, au lieu d'être ovoïde, cette noix est réniforme, d'où le nom allemand de «Westindischer Nierenbaum» qu'on donne à l'arbre qui porte ce fruit. La noix se prête aux mêmes usages que celle fournie par l'Anacardier asiatique. Le latex en représente une encre indélébile pouvant servir à marquer le linge, il peut servir à lutter contre certaines affections cutanées, son amande rôtie est mangée par les créoles et les noirs ou exportée sous le nom de kernel etc.

Relevons un détail encore pour finir. L'acajou à meubles représente une essence tout à fait différente des Anacardiers: c'est le Swietenia mahogoni de Linné. Il fournit le bois précieux connu pour être employé en ébénisterie et qui a servi à construire les beaux meubles Empire d'antan.

Ed. PIERRET.

Les conceptions actuelles sur la structure géologique des gisements de pétrole exploitables.

Le pétrole brut ou naphte représente un mélange d'hydrocarbures liquides, d'une composition chimique très complexe, renfermant en solution des gaz inflammables et des corps solides. De même que l'eau souterraine, le pétrole ne peut pas former des couches continues comme la houille ou des veines et des filons comme certains minerais, mais il est emmagasiné dans les interstices ou pores d'une couche perméable, de sable ou de grès p. ex., ou bien dans les crevasses, les fentes et les pores d'une roche

caverneuse, comme le calcaire ou la dolomie. Les neuf dixièmes de tous les pétroles exploités proviennent de sables et de grès qui forment les couches perméables par excellence. La présence d'une couche perméable servant à concentrer le pétrole en quantité exploitable est la première condition de l'existence d'un gisement d'une valeur industrielle.

Comme le pétrole est un minéral liquide, le seul que nous connaissons en dehors du mercure, il se déplace avec beaucoup de facilité. Un gisement de pétrole ne forme donc pas un amas immobile comme les autres minéraux, mais il a la tendance de se déplacer et de s'éparpiller pour ainsi dire. Par suite de cette tendance l'existence d'un gisement est soumise à maintes vicissitudes durant l'évolution de l'écorce terrestre, et l'exploitation de ce liquide est une industrie toute spéciale qui diffère sensiblement de l'exploitation des autres minéraux.

Comme le pétrole s'accumule dans les interstices intergranulaires des sables ou des grès, le volume de ces interstices donne la mesure du maximum possible de concentration du liquide. Le calcul démontre que le maximum possible du volume des pores est de 47,6 % du volume total de la roche (à condition que les grains se touchent). Mais c'est seulement dans des cas exceptionnels que les interstices occupent 40 % du volume total, la moyenne étant de 15 à 25 %. On démontre également par le calcul que le volume total des pores est indépendant de la grandeur des grains, c.-à-d. qu'une argile très fine peut contenir autant de liquide qu'un sable. Mais il ne faut pas croire que la quantité totale de pétrole renfermée dans la couche puisse être exploitée par nos procédés actuels. Il faut donc faire une distinction nette entre la quantité totale du liquide emmagasinée et la quantité exploitable.

Le pétrole contenu dans les pores de la roche est soumis aux forces de viscosité, de capillarité et d'adhésion. La viscosité, ou friction interne du liquide, dépend de la température et de la composition du pétrole; la capillarité et l'adhésion sont fonction de la grandeur de surface des grains en ce sens que plus le volume des grains diminue, plus le rapport entre la surface des grains et leur volume augmente et plus l'adhésion du liquide devient grande. Un mètre cube d'argile peut renfermer dans ses pores autant d'eau qu'un m³ de sable, mais, tandis que le sable laisse sortir l'eau facilement à cause de la grandeur des grains et, par conséquent, de l'adhésion relativement faible, on ne peut chasser l'eau complètement de l'argile qu'en chauffant celle-ci au rouge, et cela à cause de la ténacité avec laquelle l'adhésion retient l'eau. La vitesse d'écoulement du liquide est donc en raison inverse de la force d'adhésion; elle diminue en raison inverse du carré de la grandeur

des pores. Cela signifie que, sous l'influence de la seule pesanteur, un sable qui a des interstices d'une grandeur de 1 mm laisse passer dans le même temps 10 000 fois plus de liquide qu'un sable dont les pores ont une grandeur de 0.01 mm. La grandeur des grains d'une roche est donc d'une importance considérable pour l'exploitation. Mais il y a un autre facteur bien plus important encore: c'est le gaz renfermé dans le gisement de pétrole. C'est à ce gaz qu'incombe le rôle de vaincre la force d'adhésion. Ordinairement les grains sont tellement petits que sous l'influence de la pesanteur seule le pétrole ne sortirait pas de la couche qui le contient ou dans une proportion très faible, quand celle-ci est atteinte par un forage. Donc, abstraction faite de la valeur intrinsèque, le gaz fournit la force qui surmonte les résistances de l'adhésion et de la viscosité et qui pousse le pétrole dans les trous de sonde qui mettent la couche pétrolifère en communication avec la surface. On peut établir comme règle générale que les gisements dépourvus de gaz libre ou dissous ne sont pas susceptibles d'être exploités avec nos moyens actuels. Si donc les gaz ont pu s'échapper soit par voie naturelle, soit par suite de l'intervention de l'homme, c'en est fini avec l'exploitation.*)

L'existence de gaz est donc une condition primordiale pour une exploitation rémunératrice, et si des exploitations de pétrole sont abandonnées, ce n'est pas faute de pétrole, mais faute de gaz.

Par suite de la force d'expansion qui lui est inhérente, le gaz a la tendance de s'échapper; aussi, chaque fois que des agents naturels ont entamé un gisement ou que l'homme le met en relation avec la surface extérieure moyennant un trou de forage, le gaz s'échappe.

La quantité de pétrole exploitable est, par conséquent, en relation directe avec la quantité de gaz présente dans la couche. L'exploitation baisse quand la pression du gaz baisse; mais, même en cas de saturation complète de gaz, l'extraction ne dépasse pas actuellement 30 à 40 % du liquide total contenu dans la couche. Ordinairement on retire seulement 15 à 20 %, et quand un gisement est déclaré épuisé par nos moyens d'exploitation ordinaires, la couche renferme souvent encore 80 à 85 % du liquide total.

Comme le pétrole peut se déplacer facilement, mais surtout parce que le gaz a la tendance de s'échapper, il faut que la couche pétrolifère forme vase clos, ce qui est le cas du moment qu'elle est enfermée entre deux couches imperméables, formées ordinairement d'argile. Plus cet isolement de la couche imperméable, constituant

*) On pourrait exploiter de tels gisements par galeries, comme cela se fait à Pechelbronn, en Alsace; mais la plupart des gisements ne se prêtent pas à ce mode d'exploitation.

en quelque sorte un réservoir pour le gaz et le pétrole, est parfait, plus le contenu restera intact et plus sera grande la chance d'une exploitation abondante. Comme l'argile est rarement pure, il faut une certaine puissance de la couche imperméable pour réaliser une fermeture hermétique. La pratique a démontré qu'il faut ordinairement une puissance de 100 m. de couches argileuses.

En général, le pétrole ne naît pas dans le sable dans lequel il est rencontré par le puits de forage. Des réflexions théoriques aussi bien que les observations géologiques tendent à démontrer que le pétrole et le gaz se forment dans de puissants dépôts argileux et s'accumulent plus tard dans des couches perméables. Aussi des traces résiduaires de gaz et de pétrole sont-elles très fréquentes dans les couches d'argile. Cependant une couche perméable renferme du pétrole en une quantité exploitable seulement quand elle est enveloppée de part et d'autre par des couches imperméables. Par suite de son mode de formation même, la couche sablonneuse ou gréseuse forme une lentille d'une étendue plus ou moins grande, enveloppée dans une suite de couches d'argile. Les couches d'argile sont les couches formatrices et protectrices du gisement pétrolifère, et leur importance ne le cède en rien à celle de la couche perméable formant réservoir.

Bien que la présence de pétrole soit révélée par des indices certains en beaucoup d'endroits, les gisements qui donnent naissance aux grandes entreprises industrielles sont plutôt rares. Il faut en rechercher la cause dans le fait que les amas riches sont en relation directe avec une structure géologique déterminée. Cette structure est celle du pli anticlinal. Les réflexions qui suivent expliquent l'influence heureuse du pli anticlinal sur l'accumulation du pétrole.

Nous avons dit que le pétrole se forme dans les profondeurs, dans les couches argileuses, et qu'il émigre vers le haut, en s'accumulant dans les couches perméables. Cette émigration et cette accumulation ont lieu sous la pression latérale qui était la cause de la formation des plis de l'écorce terrestre. La période du plissement représente naturellement le moment propice au déplacement, car aussi longtemps que les couches gardaient leur position horizontale primitive, le pétrole restait dispersé dans les couches tout comme l'eau y contenue. Il existait bien un certain équilibre entre ces deux liquides, mais la séparation était loin d'être très nette. Par suite du mouvement de plissage qui s'effectue sous l'influence de la pression latérale, la chaleur de la roche augmente, le pétrole devient plus mobile et la tension du gaz plus grande; en même temps, les couches deviennent plus compactes dans les cuvettes (synclinaux) et dans les flancs des plis, plus friables dans les voûtes (anticlinaux.) La pression hydrostatique de l'eau considérée

en un point quelconque de la couche avant et après le plissement est différente; l'eau s'accumule maintenant dans les cuvettes et le pétrole, par suite de son poids spécifique plus faible et sous l'impulsion de la force expansive des gaz absorbés, monte vers les régions de moindre résistance et s'accumule dans les voûtes du pli où la couche est plus étirée, plus friable, moins compacte et où la pression de l'eau est maintenant minimum. Sous la force expansive du gaz, l'eau est refoulée dans les cuvettes jusqu'à ce que l'équilibre entre la pression hydrostatique et la pression du gaz soit établi. Une partie du gaz est absorbée par le pétrole; s'il y a excès de gaz, celui-ci occupe les points les plus élevés du pli. Ainsi l'eau, le pétrole et le gaz en excès se superposent dans le pli d'après leurs poids spécifiques. Comme le pli-voûte passe de toutes parts dans un pli-cuvette qui est occupé par l'eau, l'eau entoure partout le pétrole; celui-ci nage donc pour ainsi dire sur de l'eau, et cette eau est toujours de l'eau salée.

Les conditions les plus favorables pour l'accumulation d'une grande quantité de pétrole sont réalisées dans les plis les plus éloignés du centre du plissement qui coïncide, en général, avec la crête principale de la chaîne de montagnes. Ces plis favorables se trouvent, par conséquent, là où les premières ondulations de la plaine marquent le passage des couches horizontales dans la région plissée des montagnes. Ces plis à pente faible ont une longueur restreinte qui, souvent, ne dépasse que de quelques fois leur largeur. Ce sont des dômes isolés séparés de toutes parts par des cuvettes plutôt que des plis s'étendant sur une grande longueur.

Dans un tel pli il y a souvent répétition de la suite de sable et d'argile. Ordinairement l'apex des couches perméables est rempli de pétrole qui occupe souvent aussi une partie des flancs à pente très douce; en s'approchant des synclinaux on arrive toujours dans l'eau. Mais le plus souvent quelques-unes des couches perméables, situées soit au-dessus, soit au-dessous ou encore entre les couches génératrices, sont entièrement remplies d'eau.

Ce sont les couches aquifères qui sont l'ennemi le plus dangereux d'un gisement en exploitation, si elles ne sont pas isolées complètement dès le commencement de l'exploitation. Les couches perméables ont quelquefois une grande puissance; il y en a qui ont plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Mais jamais le pétrole ne se trouve alors dans toute l'épaisseur de la couche. Les couches de 5 à 10 m de puissance sont les plus favorables. Dans les couches très puissantes on ne trouve ordinairement qu'un horizon assez mince qui est riche en pétrole; c'est le «pay-streak» c.-à-d. «l'entrecouche qui se paye». Souvent donc les couches très puissantes sont peu favorables pour l'exploitation.

Il a été mentionné plus haut que les dômes qui renferment le plus de pétrole constituent les rides les plus éloignées de la chaîne de montagnes formée par le plissement. Aussi, plus on avance vers l'intérieur de la chaîne, plus les plis s'accentuent, augmentent en longueur et sont resserrés en largeur; les flancs deviennent plus raides, verticaux ou même déversés de telle façon qu'ils représentent des plis isoclinaux. Les voûtes des plis sont par conséquent très étroites et peu propres à accumuler une masse considérable de pétrole; les flancs sont étirés, comprimés et les chances d'y trouver du liquide utile sont minimes. Même s'il y a du pétrole dans la voûte, la largeur du rayon exploitable est notablement réduite en comparaison avec les dômes à l'allure tranquille et régulière. Aussi ne trouve-t-on nulle part sur des plis serrés, raides, des exploitations très importantes.

Mais l'écorce terrestre et, avec elle, les plis sont soumis à la destruction par l'érosion qui est d'autant plus intense sur les voûtes que la roche y est devenue moins résistante, à la suite des mouvements de plissage et de broyage auxquels elle a été soumise. De plus, les plis forment souvent des saillies élevées et sont par conséquent fort exposés aux agents de l'érosion. Et comme l'argile qui couvre le grès est très résistante, les couches perméables sont bientôt dénudées, et le pétrole ainsi que le gaz peuvent s'échapper en partie. On trouvera alors des émanations de gaz, des traînées de pétrole dans les effleurements de grès et de sable. Ces «indices» de la présence d'une couche pétrolifère attirent l'attention, et d'après eux on juge souvent de la richesse du gisement. Mais si on se rappelle le rôle important que le gaz et la couche protectrice jouent dans l'exploitation, on comprendra de suite qu'il faut juger avec beaucoup de discernement ces indices qui démontrent plutôt la possibilité offerte au gaz et au pétrole de s'échapper que la richesse du gisement. Partout où l'érosion a mis à nu la voûte en détruisant la couche protectrice, les chances d'une production abondante ont diminué. L'effet funeste de l'érosion dépend de la profondeur à laquelle elle est avancée, de la structure du plissement et de la nature du pétrole.

Quand le pli comprend plusieurs couches pétrolifères, il se peut que seulement les couches supérieures aient été entamées et que les couches profondes donnent encore un bon résultat.

L'effet de l'érosion de la voûte est surtout funeste pour un pli très serré; car si, dans un pli large, on peut rencontrer encore du pétrole en quantité rémunératrice dans les flancs, il est impossible qu'on trouve des quantités quelque peu considérables de pétrole dans un pli très serré dont la voûte est détruite, sans parler des difficultés techniques qui s'opposeraient à son extraction.

Les conséquences qu'entraîne pour l'exploitation l'érosion de la voûte dépendent aussi de la nature du pétrole. Selon la prédominance des hydrocarbures de la série du méthane ou des hydrocarbures naphténiques, on distingue des pétroles à base de paraffine et des pétroles asphaltiques. Les premiers sont très mobiles, s'évaporent sans laisser des traces sur le sable; les seconds sont plus visqueux et donnent, en s'évaporant, un résidu noir, l'asphalte, qui peut même boucher les effleurements de la couche et empêcher le gaz de sortir complètement, de sorte que dans les flancs à pente douce on trouvera souvent encore du pétrole asphaltique en quantité assez considérable.

Le pétrole paraffineux au contraire ne donne pas de résidu solide qui s'opposerait à l'épanchement; aussi les chances sont-elles beaucoup moindres pour cette espèce de pétrole quand la voûte a été entamée profondément par l'érosion. Quand on se trouve en présence d'un pli très redressé, dont la voûte a complètement disparu et qui contient des restes de pétrole paraffineux, il n'y a, pratiquement parlant, aucune chance qu'il se trouve dans les couches raides ou presque verticales une quantité de pétrole suffisante pour alimenter une entreprise industrielle.

Angora, le 20 janvier 1925. M. LUCIUS.

L'adoucissement des eaux dures

des ménages et des industries,

par **Pierre MEDINGER.**

Les établissements Phillips et Pain annoncent depuis quelque temps, dans les journaux et périodiques, un petit appareil appelé «Permo» qui a la forme des appareils «Pyrène» et qui est destiné à l'adoucissement des eaux calcaires des ménages. C'est une espèce de filtre chargé d'une matière spéciale qui enlève à l'eau qui la traverse son calcium et son magnésium; c.-à-d. sa dureté. Il s'agit évidemment du procédé à la Permutite introduit dans l'industrie par Gans il y a vingt ans.

Lors de ses premières expériences avec les engrais chimiques Liebig avait déjà constaté que différents sols avaient la propriété de fixer pour ainsi dire les sels très solubles, les sels de potassium ou d'ammonium p. ex., et d'empêcher ainsi leur élimination rapide par les eaux de pluie. On a bientôt reconnu que ce phénomène était dû à la présence d'une espèce de silicates doubles d'aluminium, ou silicates d'aluminates appelés zéolithes, qui ont la propriété d'échanger facilement leur base, le calcium p. ex., contre d'autres bases