

UN NOUVEL APPAREIL PORTATIF DE SONDAGE

POUR RECONNAISSANCE RAPIDE DU TERRAIN

PAR

E. Van den Broeck et A. Rutot

Conservateurs au Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique.

PLANCHES I ET II.

Les résultats obtenus pendant huit ans d'usage de notre sonde à main, employée d'abord pour les recherches nécessitées par l'établissement des échelles stratigraphiques des terrains crétacés, tertiaires et quaternaires, puis pour le levé de la Carte géologique à l'échelle du 1/20.000, et plus récemment encore pour les recherches géologiques et hydrologiques effectuées à l'emplacement des Forts de la Meuse, à Liège et à Namur, nous engagent à décrire l'appareil dont nous nous sommes servis, à en faire connaître le maniement et à donner une idée des divers résultats auxquels il nous a permis d'atteindre.

Nous diviserons cette note en quatre parties, qui seront intitulées : *Introduction et historique, Description de l'appareil de sondage à main, Manœuvre de la sonde à main et Résultats obtenus.*

Introduction et Historique.

Dans notre pays, les terrains crétacés, tertiaires et quaternaires dont l'étude préalable, puis le levé nous avaient été confiés à la suite de notre entrée au Service du levé de la Carte géologique de la Belgique à l'échelle du 1/20.000, peuvent être classés, avec raison, dans la grande catégorie des *terrains horizontaux*.

Ces terrains, tous d'origine sédimentaire (1) et presque tous d'origine exclusivement marine (2), se sont déposés dans un bassin soumis à certaines oscillations et par conséquent à lignes de rivages variables ; mais dans lequel les mouvements se sont toujours passés avec une grande lenteur, sans énergie exagérée, contrairement à ce qui s'est présenté après le dépôt des couches primaires ; de sorte que, de nos jours, nous retrouvons simplement les dépôts crétacés et tertiaires un peu déplacés de leur position primitive, en ce sens qu'ils sont tous légèrement inclinés du Sud-Sud-Est vers le Nord-Nord-Ouest. Les lignes de rivage n'ont pas conservé leur situation horizontale, mais les dépôts ont conservé entre eux toutes leurs relations stratigraphiques intactes.

C'est à peine si quelques failles (3) viennent déranger quelque peu, en certaines régions, la continuité et l'harmonie générales.

Or, lorsque des couches horizontales sédimentaires sont superposées, la plus récente recouvrant les précédentes, celles-ci échappent à l'observation directe ; ce qui, pour le géologue, est un cas très défavorable.

Heureusement, la nature a paré à l'inconvénient par le grand phénomène du creusement des vallées.

Pendant et après l'émergence définitive de notre territoire, c'est-à-dire pendant et après le retrait des eaux de la mer pliocène vers le Nord, nos contrées ont acquis le régime continental qu'elles possèdent encore de nos jours, et les eaux douces y ont aussitôt joué leur rôle.

Tombées à l'état de pluie sur le continent émergé, elles ont immédiatement cherché à se réunir dans les moindres dépressions du sol et à en suivre la pente générale, qui allait en s'abaissant du Sud au Nord.

Ces eaux, ne rencontrant que des terrains meubles, généralement faciles à délayer — surtout les sables — les ont bientôt affouillés ;

(1) Sauf le limon hesbayen, auquel nous attribuons une origine éolienne. Voir E. VAN DEN BROECK. *Note préliminaire sur l'origine probable du limon hesbayen ou limon non stratifié homogène*. Bull. Soc. Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrog. Tome I (1887). Pr.-Verb. Séances, pp. 151-159.

E. VAN DEN BROECK. *A propos de l'origine éolienne de certains limons quaternaires*. Ibid. Tome II (1888) Pr.-Verb. Séances, pp. 188-192.

(2) Seuls les dépôts du Landenien supérieur et du Tongrien supérieur sont représentés, dans des régions localisées, par des sédiments d'eau douce ou d'eau saumâtre.

(3) Les failles les plus importantes constatées dérangent surtout les couches crétacées du Hainaut.

aux premiers âges du Quaternaire, tout le pays s'est trouvé sillonné par un réseau compliqué et éminemment variable d'eaux sauvages qui ont d'abord étendu, au dessus des dépôts tertiaires émergés, un lit quelquefois considérable de cailloux roulés, amassés pendant les temps tertiaires; le long des rivages marins, sous forme de cordons littoraux, qui s'étendaient jusque sur le Condroz et l'Ardenne.

Mais, bientôt, les eaux de pluie s'accumulant dans les dépressions les plus accentuées, soit naturellement, soit à cause d'une plus grande facilité d'affouillement, certains sillons principaux se sont accusés, puis se sont creusés et approfondis d'autant plus rapidement que le courant et le volume des eaux étaient plus considérables et ainsi s'est constituée l'ébauche du réseau fluvial de nos régions.

Un peu plus tard, au lieu de continuer à descendre directement vers la mer, quelques courants d'eaux sauvages se sont jetés dans des vallées déjà plus importantes; dès lors ils ont pu, jusqu'à un certain point, fixer leur cours, s'approfondir à leur tour, recevoir de nouveaux tributaires, de sorte que le vallonnement général, extraordinairement compliqué que nous voyons exister de nos jours et qui est rendu d'une manière si vraie et si saisissante par les cartes en relief, est dû à l'action lente et répétée, à l'érosion, bien connue et bien étudiée, des eaux courantes et du ruissellement pluvial.

Grâce à ce réseau extrêmement compliqué, qui découpe en milliers de vallées et de sillons, d'importance variable, la vaste plaine tertiaire, formée de couches parallèles planes et superposées, le géologue peut pour ainsi dire pénétrer dans les couches profondes du sol; en descendant les flancs d'une vallée, il sait qu'il descend aussi dans les profondeurs de l'écorce terrestre et qu'il rencontre, lorsque des affleurements se présentent, des couches successives de plus en plus anciennes.

Si le creusement des vallées n'avait été accompagné d'aucun autre phénomène, le géologue, en parcourant simplement les plaines élevées, puis en descendant le long des versants des vallées, pourrait donc observer directement partout la structure géologique de la contrée. Dans les vallées, toutes les couches se présenteraient à lui suivant la tranche, et l'œil pourrait suivre et comprendre du même coup les allures générales, les changements de facies, jugerait des dénudations, observerait les biseaux, constaterait avec facilité les moindres accidents, les moindres particularités des couches.

Mais la nature semble tenir à s'entourer de mystère, à ne pas livrer ses secrets sans peines ni sans labeur; tout en creusant de larges et profonds sillons au travers des couches horizontales de nos plaines, formées de sédiments d'âges secondaires et tertiaires, elle s'est montrée

comme jalouse des coupes admirables et gigantesques qu'elle mettait ainsi à découvert, et elle s'est plu à les obscurcir, à les cacher presque entièrement à nos regards sous un épais manteau limoneux. En effet, dans la plupart des régions du globe terrestre, le creusement des vallées a généralement été accompagné d'un autre phénomène important et considérable, qui est l'alluvionnement.

A l'aurore des temps quaternaires, alors que les eaux sauvages étendaient encore le réseau de leurs bras changeants et de leurs méandres variables sur la plaine primitive, nous avons vu qu'elles avaient charrié et étendu sur la région tertiaire émergée les anciens cordons littoraux de galets roulés accumulés le long des antiques rivages.

Plus tard, lorsque l'ébauche de nos vallées principales se fut esquissée, il s'y établit un régime fluvial éminemment variable puisqu'il était surtout superficiel, de telle sorte qu'en période pluvieuse — et l'on sait qu'une partie au moins de la période quaternaire l'a été à un haut degré dans nos régions — les cours d'eaux devaient se gonfler rapidement au point de sortir du lit insuffisant qu'ils s'étaient creusé, et occasionner des crues et des inondations dont nous n'avons plus actuellement d'idée dans notre pays.

Or, ces crues, ces inondations ont été inévitablement accompagnées d'un dépôt de limon sur les régions recouvertes. Les eaux impétueuses des cours d'eaux roulaient et charriaient d'énormes quantités de matériaux arrachés aux parties hautes du cours : cailloux, sables et éléments fins, ou limon (sable très fin et argile) et, lors des crues, par suite du ralentissement notable de la vitesse des eaux sur les terres inondées, celles-ci se recouvraient du sable et du limon dont les eaux étaient chargées, alors qu'en temps ordinaire, ces mêmes éléments étaient tenus en suspension dans le courant principal et charriés jusqu'à la mer.

Tout notre territoire a donc ainsi été recouvert d'un manteau limoneux ou sableux stratifié, plus ou moins épais; manteau qui s'est déposé d'abord sur les plaines supérieures, puis sur les versants et sur les flancs inférieurs des vallées, au fur et à mesure de l'approfondissement, puis enfin sur le fond de celles-ci et sur les plaines basses ou inférieures, une fois le creusement terminé.

A l'époque actuelle ou moderne, les phénomènes de *creusement* ont généralement cessé dans nos grandes vallées; c'est le *comblement* qui prévaut et, surtout dans nos plaines basses, on voit s'accumuler sans cesse de vastes dépôts d'alluvions, qui tendent également à cacher dépôts sous-jacents de la série géologique.

De nos jours, le géologue possède donc le réseau considérable des grandes tranchées, des grands sillons creusés par les cours d'eau au

travers des couches horizontales ; mais le manteau alluvial quaternaire ou moderne l'empêche absolument de profiter directement des coupes ainsi mises à découvert.

Pour pouvoir tirer parti de ces coupes si intéressantes et si instructives, il doit donc enlever partiellement le manteau limoneux, le percer, en un mot, et mettre à découvert soit le sommet, soit la tranche des couches sous-jacentes.

Pour arriver à ce résultat, trois méthodes se présentent, permettant de serrer de plus en plus le problème des superpositions et des relations des couches :

1^o Observer les affleurements dus à l'action des causes naturelles et principalement à la dénudation très localisée et due aux ravinelements causés par les eaux de pluies actuelles le long des pentes exposées à l'action des vents dominants et particulièrement des vents d'Ouest amenant chez nous les grandes pluies et les orages.

2^o Observer les affleurements artificiels creusés par la main de l'homme, soit pour l'établissement de ses travaux d'art : routes, canaux, chemins de fer, ou des fondations de ses édifices, habitations, etc., soit pour l'exploitation et la mise en œuvre des matériaux utiles fournis par les couches horizontales superposées (pierres, sables, argiles, craies, minerais, etc.), tirés des carrières, des sablières, des marnières à ciel ouvert ou extraits souterrainement par puits et galeries.

3^o Et dans le cas — presque général — où l'ensemble des affleurements naturels et artificiels ne suffit pas pour débrouiller d'une manière complète ou détaillée les notions indispensables sur la nature, l'allure, l'épaisseur et la variation latérale des couches, *l'emploi des sondages vient alors s'imposer.*

Ainsi qu'on peut en juger par ce qui vient d'être dit, *le principal but des sondages, dans nos régions, est de percer, partout où c'est nécessaire, le manteau limoneux quaternaire, plus ou moins épais, qui nous cache complètement les couches géologiques sous-jacentes, antérieures au Quaternaire.*

Ce manteau quaternaire peut être épais de quelques centimètres jusqu'à 20 mètres, et son épaisseur moyenne peut être évaluée à 5 ou 6 mètres ; *donc, des sondages de 5 à 6 mètres suffisent le plus souvent pour atteindre et faire connaître le dépôt tertiaire, crétacé ou autre qui s'étend sous le manteau limoneux de nos régions de la Moyenne Belgique.*

Quelquefois, dans des cas exceptionnels, des sondages de 10 à 14 mètres sont nécessaires pour connaître le sous-sol ; ce sont là les profondeurs maxima, car lorsque le manteau limoneux présente, en

certaines régions, des épaisseurs de 20 mètres, il est toujours facile de trouver des points bas, des dépressions, des vallonnements où le limon ne présente pas toute son épaisseur et où des forages de 12 à 13 mètres au plus suffisent pour atteindre la couche sous-jacente.

Nous sommes entrés dans ces détails à cause d'une question qui nous est posée très souvent par des personnes auxquelles notre réponse semble causer une certaine surprise.

« Jusqu'à quelle profondeur descendez-vous d'habitude dans vos sondages? » nous demande-t-on souvent.

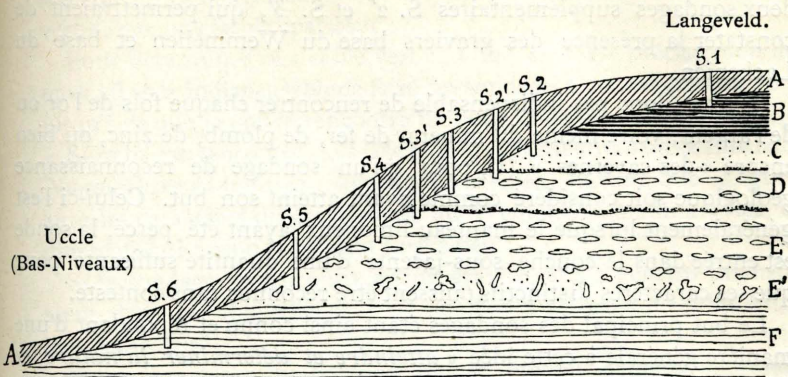
« Jusque 5 ou 6 mètres d'habitude, plus rarement jusque 10 à 14 ou 15 mètres maximum », répondons-nous. Or, nous avons remarqué que cette réponse semble jeter presque chaque fois le questionneur dans un grand étonnement; il ne répond rien, mais sa physionomie indique clairement un certain désappointement.

« Dix à quatorze mètres, reprend-on quelquefois; mais à cette profondeur, il n'y a toujours que de la terre. »

Il semble que, pour ces personnes, des sondages de plusieurs centaines de mètres peuvent seuls présenter quelque intérêt.

Ce trait, qui se reproduit journellement, montre combien il reste encore à faire pour initier le public, non au courant des méthodes géologiques, à des notions qui paraîtraient élémentaires à d'autres et qui constituent la base de l'observation rationnelle des faits. Ces mêmes personnes, qui croient des sondages de quelques mètres insuffisants, verront cependant sans étonnement des sablières, des carrières, des exploitations de toute nature, d'où l'on extrait le sable, l'argile, la marne, etc., et où l'on peut étudier la structure des couches géologiques, recouvertes à peine par deux ou trois mètres de limon, quelquefois même par beaucoup moins.

Pour fixer les idées, nous donnons ci-après le diagramme de la coupe du versant de la colline depuis le Langeveld, à l'Ouest du Bois de la Cambre, (cote 110) jusqu'aux fonds d'Uccle (cote 30).

Diagramme de la disposition des couches, du Langeveld à Uccle.

- A. Manteau limoneux continu.
- B. Argile glauconifère asschienne.
- C. Sable fin wemmelien.
- D. Sable et grès calcaireux laekeniens.
- E. Sable et grès calcaireux bruxelliens.
- E'. Sable et grès siliceux bruxelliens.
- F. Sable fin avec linéoles d'argile ; yprésien.

Faisons pour le moment abstraction de l'existence des chemins creux et des sablières, qui permettent, en partie, de se faire une idée de la constitution du sous-sol.

Or, si l'on marche à travers champs depuis le Langeveld jusque Uccle, on ne voit autre chose, en examinant le sol, que de la terre végétale, c'est-à-dire le sommet du manteau limoneux, altéré et chargé de matières végétales. Mais si l'on pratique un premier sondage S. 1. au sommet du Langeveld, sous 1 à 2 mètres de limon et même moins, on rencontrera inévitablement l'argile verte glauconifère asschienne; de même, un sondage S. 2 effectué vers la cote 100 donnera d'abord de 3 à 5 mètres de limon, puis entrera dans le sable fin wemmelien.

Un sondage S. 3 atteindra sous 2 à 3 mètres de limon le sable laekenien, bien reconnaissable, puis les sondages S. 4; S. 5; S. 6, rencontreront respectivement le Bruxellien calcaireux, le Bruxellien siliceux, et l'Yprésien, toujours sous quelques mètres de limon.

Voilà donc une série de sondages, dont le plus profond n'a pas plus de cinq mètres, et dont les résultats, aux yeux de ceux de nos concitoyens qui ne s'occupent pas de géologie, paraîtraient donc absolument insignifiants et inefficaces. Pour le géologue un tel mode d'investigation fournit au contraire, comme le montre la figure ci-dessus, les indications les plus précieuses sur la constitution de la colline; et des élé-

ments plus détaillés pourraient encore être obtenus au moyen de deux sondages supplémentaires S. 2' et S. 3', qui permettraient de constater la présence des graviers base du Wemmélien et base du Laekien.

Il n'est donc pas indispensable de rencontrer chaque fois de l'or ou de l'argent, voire même du minerai de fer, de plomb, de zinc, ou bien encore « des cavernes » (1), pour qu'un sondage de reconnaissance géologique soit considéré comme ayant atteint son but. Celui-ci l'est généralement lorsque le manteau limoneux ayant été percé, la sonde est entrée dans la couche sous-jacente d'une quantité suffisante pour que ses caractères distinctifs puissent être reconnus sans conteste.

Le but principal des sondages étant ainsi connu et répondant d'une manière générale à cette idée « *atteindre et déterminer la nature et l'âge relatif de la couche située sous le limon quaternaire ou sous les alluvions, terrains détritiques, etc.* », il se présente cependant encore, dans notre pays, une certaine quantité de cas particuliers où les sondages sont appelés à répondre à d'autres questions qui se présentent au géologue.

Le cas se rencontrant le plus fréquemment est celui de la détermination de l'âge d'une couche située sous le limon quaternaire, mais dont les caractères physiques ne suffisent pas pour la classer de prime abord.

L'étude des terrains tertiaires montre qu'il existe, superposées les unes aux autres, des séries de couches d'âge différent, souvent sableuses, qui se ressemblent au point qu'un simple échantillon ne suffit pas pour les reconnaître.

Ce cas se présente notamment aux environs de Bruxelles, où nous avons, superposés, les sables calcaireux à *Nummulites variolaria*, les sables et grès calcaireux laekieniens et les sables et grès calcaireux bruxelliens, qui ne peuvent guère se distinguer aisément que dans les grandes coupes artificielles, telles que les sablières, les tranchées de route ou de chemin de fer, les fondations de grands édifices, etc.

Le plus souvent même, ces sables sont complètement altérés, décalcarisés par les infiltrations d'eaux superficielles chargées d'acide carbonique ; ils sont alors transformés en sables verts, privés de grès : en un mot, rendus méconnaissables.

La détermination géologique se fait alors par l'examen des relations stratigraphiques.

(1) Nous avons rencontré de nombreuses personnes, surtout dans la province de Liège, croyant que les sondages exécutés pour la reconnaissance à l'emplacement des forts de la Meuse, avaient uniquement pour but de découvrir des cavernes et des cavités souterraines

Supposons donc que, dans une fouille des environs de Bruxelles, sous quelques mètres de limon, on ait mis à découvert du « sable vert », sur une faible épaisseur.

Pour déterminer ce « sable vert » d'une manière précise, non douteuse, il sera indispensable de faire un sondage. Ce sondage sera poussé jusqu'à ce que la sonde rencontre un petit lit de gravier.

Si ce lit est rencontré, le sable altéré appartiendra soit à l'horizon à *Nummulites variolaria* ; soit au Laekenien, suivant que le gravier aura les caractères du gravier base du Wemmélien ou du gravier, bien différent, qui forme la base du Laekenien.

Si le sondage ne rencontre aucun gravier, et s'il pénètre insensiblement dans du sable siliceux, c'est que l'on a affaire à du sable bruxellien décalcarisé.

Si les caractères du premier gravier étaient douteux, le sondage serait continué jusqu'à ce qu'on en trouve un second, ou jusqu'à ce qu'on entre dans le sable siliceux.

Si l'on trouve deux graviers successifs avant d'atteindre le sable siliceux bruxellien, c'est que le sable supérieur appartient à l'horizon des *Nummulites variolaria* ; s'il n'y a qu'un gravier, c'est qu'on se trouve en présence du Laekenien.

Voilà donc une foule de problèmes locaux qui nécessitent l'emploi de la sonde et qui ne peuvent être résolus sur place, *avec certitude*, que de cette façon.

Pour ces recherches, faut-il descendre à grande profondeur ?

Nullément, car les sables à *Nummulites variolaria* n'ont guère plus de 4 à 5 mètres d'épaisseur ; le Laekenien n'en a guère plus, souvent moins, de sorte que des sondages de moins de dix mètres suffisent presque toujours amplement pour parvenir au but que l'on s'était proposé d'atteindre.

De la manière la plus générale, et applicable à toutes les régions, à tous les pays, l'on peut donc dire que, pour le géologue, le but du sondage est 1° *la connaissance et la détermination de la ou des couches situées sous une couche connue* ; 2° et réciproquement, *la connaissance d'un dépôt supérieur inconnu, au moyen de ses relations avec des couches inférieures, que le sondage permet de reconnaître plus facilement à leurs caractères.*

Il n'a été question jusqu'ici que du *sondage géologique* ; mais là n'est pas le seul but et la seule application de notre sonde à main.

Au point de vue pratique ou utilitaire, elle est également appelée à rendre de grands services, et nous mêmes avons eu l'occasion d'en juger lors des travaux de reconnaissance géologique et hydrolo-

gique des forts de la Meuse, dont nous avons été chargés par le Gouvernement.

Dans ces travaux, le but à atteindre était très différent de ceux énoncés ci-dessus.

Il n'était nullement question de déterminer l'âge des couches situées sous le limon quaternaire et le problème était celui-ci :

Etant données les profondeurs assignées par le *plan type* — c'est-à-dire par le plan idéal de la construction en terrain homogène — pour telles ou telles parties des fondations ou tel tracé de fossé, déterminer, au point de vue de l'ingénieur militaire et de l'entrepreneur, la nature et les propriétés des terrains constituant le sol et le sous-sol, jusqu'à un ou deux mètres sous la profondeur déterminée par le plan.

Dans le cas présent, la profondeur du sondage n'est donc plus laissée à l'appréciation du géologue ; d'une manière générale il doit forer le nombre de mètres qu'exige le plan type, plus un ou deux mètres de supplément selon les circonstances.

Dans le premier cas considéré, le but était surtout une question *d'âge relatif* ; dans celui que nous examinons actuellement, le but est une question de *nature de terrain*. Il est en effet indispensable, pour éviter les surprises et les imprévus en cours de construction, de connaître à fond la nature du sol sur lequel des édifices importants, ou des constructions telles que des Forts, doivent être établis.

Le sol est loin d'être homogène sur dix mètres de profondeur, et sur cette épaisseur il y a souvent place pour deux ou trois couches de nature et de propriétés radicalement différentes.

La succession : limon argileux, cailloux roulés, sable meuble, dépôt détritique ancien et roc plus ou moins dur (schiste, grès, phanite, etc.) du terrain primaire, a souvent été rencontrée.

Suivant la nature des terrains aux emplacements déterminés, l'ingénieur militaire, chargé de l'application du *plan type* au terrain, se voit forcé de modifier dans certaines limites la profondeur des fouilles pour l'établissement des fondations, ainsi que la disposition de celles-ci. Dans certains cas, il doit approfondir, dans d'autres cas, il doit augmenter l'empattement.

D'autre part, dans bon nombre de cas où le terrain primaire affleure près de la surface, il eût été inutile de pousser des sondages ou des puits jusqu'aux profondeurs indiquées au plan type, parce que les notions exactes que possède le géologue sur les allures, la composition et la puissance des terrains rencontrés, suffisent souvent, dès qu'il en a reconnu la nature et l'âge, pour lui permettre de prévoir ce qu'il adviendra après les quelques mètres de creusement déjà effectués par lui.

Ces sondages préalables devraient *toujours* être effectués avant l'élaboration des plans des fondations de tout édifice important, et ces travaux de reconnaissance devraient aussi *toujours* être effectués *sous la direction de géologues* qui, seuls, sont à même de relier rationnellement les couches traversées dans les sondages, d'en apprécier la véritable allure, et de savoir sur quelles couches elles reposent dans la profondeur et à quelles éventualités l'on peut s'attendre.

Que de déboires, d'imprévus, de procès, de dépenses considérables évitées si cette simple précaution avait été prise ; et que d'exemples curieux et peu connus nous pourrions donner à l'appui de notre affirmation.

Du reste, les sondages de reconnaissance ne sont pas seulement nécessaires lorsqu'il s'agit de constructions et d'édifices, ils sont également indispensables pour l'établissement des nouvelles routes, chemins de fer, canaux, écluses, etc. ; c'est-à-dire préalablement à l'élaboration des plans définitifs de tous les grands travaux publics.

Reste maintenant la question des sondages industriels.

Evidemment notre appareil de sondage n'étant pas destiné à percer des roches dures, nous ne pouvons songer à l'appliquer à la recherche des mines métalliques, des filons ; mais il devient au contraire d'une utilité sans conteste lorsqu'il s'agit de la recherche de matériaux utiles de nature plus meuble.

Dans ce cas particulier, la substance à rechercher est presque toujours connue d'avance ; c'est soit la terre à briques, la terre plastique pour tuiles, pour produits réfractaires, soit le sable, la craie, la marne pour amendements, soit encore les phosphates, certains bancs de pierre, les couches de terre à tripoli, les tourbes, les minerais de fer des marais, etc.

On enfonce alors l'instrument dans le sol jusqu'à ce que l'on ait constaté que la matière cherchée se trouve ou ne se trouve pas à une profondeur pouvant rendre l'exploitation rémunératrice.

Enfin, ajoutons encore que par le fait même du forage, on peut se faire une idée exacte du niveau des eaux dans le terrain exploré, et cette notion a souvent une importance capitale pour l'entrepreneur, pour l'exploitant, pour le constructeur ; de plus, la sonde peut indiquer clairement que des terrains sur lesquels on compte fonder ont été remaniés antérieurement, que des travaux souterrains ont été effectués, que des puits, des galeries ont été creusés : toutes circonstances qu'il est toujours de la plus grande utilité de connaître.

Nous croyons avoir donné, dans les lignes qui précèdent, une idée suffisante du véritable but des sondages, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique et utilitaire ; il est temps maintenant

de passer à la description de l'appareil; mais avant, il convient d'ajouter, à ce qui vient d'être dit, quelques mots d'historique relativement aux motifs qui nous ont porté à imaginer l'appareil dont nous nous servons et à lui donner sa forme actuelle.

C'est à la suite de notre entrée, en 1880, au Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, auquel était rattaché le service de la Carte géologique détaillée, à l'échelle du 1/20.000, que l'emploi de la sonde devint pour nous une nécessité de premier ordre.

Chargés de l'étude des terrains tertiaires — qui recouvrent de leurs étages et de leurs assises nombreuses et variées plus de la moitié du pays —, de l'établissement de l'échelle stratigraphique, puis du levé de ces terrains, nous reconnûmes bientôt que, pour exécuter consciencieusement l'œuvre à la fois scientifique et utilitaire à laquelle nous nous étions voués, les affleurements naturels et les affleurements artificiels, tels que carrières, exploitations, chemins creux, tranchées, etc., étaient loin de suffire pour arriver à des résultats satisfaisants.

Pour ce qui concerne les terrains tertiaires, nous eûmes bientôt reconnu que les affleurements, tant naturels qu'artificiels, se trouvent alignés le long des flancs des vallées, surtout ceux tournés vers l'Ouest, tandis que d'immenses surfaces de plateaux et de flancs de vallées tournés vers l'Est, sont couverts d'un impénétrable manteau de limon (1).

Les vallées ne montrent souvent que le soubassement des couches superposées constituant les collines qui les séparent, de sorte que les couches supérieures échappent parfois complètement à l'observation.

D'autre part, lorsqu'il s'agit d'une carte géologique détaillée, il n'est pas seulement nécessaire de connaître les couches avec leur épaisseur, mais il faut encore en tracer les limites sur la carte.

Or, non seulement, on ne voit pas ces limites, puisqu'elles sont cachées presque partout sous le manteau limoneux, mais encore leurs formes et leurs contours dépendent de l'épaisseur du même manteau.

Pour une couche horizontale d'une épaisseur donnée et régulière, sa limite, courant le long du flanc d'une vallée, prendra des courbures, des inflexions et des extensions latérales variables avec l'épaisseur du limon.

(1) Voir pour l'explication de ce phénomène notre texte explicatif de la *Feuille de Bruxelles* de la carte géologique détaillée de la Belgique à l'échelle de 1/20.000 (p. 79).

Voir aussi notre *Note préliminaire sur l'origine probable du limon hesbayen*, Bulletin Soc. Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol. T. I, 1887, Procès-Verbaux Voir spécialement p. 156.

Si cette épaisseur est faible, la limite passera près de la courbe de niveau correspondant à son altitude; si au contraire l'épaisseur est considérable, la limite pourra se trouver en retrait de plusieurs centaines de mètres sur le tracé de la courbe de niveau, *sans que rien puisse faire prévoir cette disposition à la surface du sol.*

D'autre part, étant données deux collines de même hauteur formant les flancs d'une vallée, la constitution géologique des deux sommets pourra *théoriquement* être la même, lorsque les dépôts sont restés horizontaux; mais si les épaisseurs de limon diffèrent, comme c'est le cas général, il pourra exister sur la colline où le limon est le moins épais *une assise ou un étage de plus* que sur celle où le limon est très développé.

Un autre facteur, qui vient encore s'ajouter à ces difficultés, c'est que nos couches secondaires et tertiaires ne sont pas disposées en strates absolument horizontales. La disposition relative des points étudiés dans leurs rapports avec la pente ou le plongement général des dépôts entre donc encore fortement en jeu pour modifier la répartition des terrains dans le relief du sol.

Enfin, même dans les affleurements naturels ou artificiels de sables altérés, il est très souvent impossible de reconnaître au simple examen de l'échantillon, à quel étage on a affaire.

Or, sur nos cartes détaillées au 1/20.000, puisque, dans un but de précision scientifique et de contrôle d'une part, d'utilité pratique d'autre part, tous les affleurements naturels et artificiels, y compris nos propres sondages, s'y trouvent figurés, il était indispensable de déterminer avec exactitude chacun des affleurements; aussi, lorsque l'un de ces affleurements était indéterminable, surtout par suite d'altération, un sondage montrant la relation de la couche affleurante avec les couches inférieures était effectué pour arriver à la détermination précise.

Nous trouvant presque constamment en présence de faits analogues à ceux qui viennent d'être signalés, même dans les régions les plus favorisées au point de vue de l'abondance d'affleurements de toutes espèces, l'emploi de la sonde s'imposait donc; de plus, l'appareil devait être portatif, c'est-à-dire simple, peu pesant, peu encombrant et d'un travail rapide.

Tout d'abord nous essayâmes plusieurs systèmes existants; nous utilisâmes l'appareil à tarière dont se servaient MM. O. van Ertborn et Cogels, ainsi qu'une vrille spéciale recommandée principalement pour les argiles, mais aucun de ces modèles ne pouvait nous convenir parce qu'ils étaient trop lourds, que le forage nécessitait un temps relativement trop considérable, que le travail était fatigant et qu'enfin, les échantillons laissaient à désirer.

Après des essais peu satisfaisants, force nous fut de recourir à notre propre initiative pour imaginer le modèle pratique dont l'emploi s'imposait.

Après quelques essais et discussions préliminaires, il fut décidé d'essayer une vrille formée d'une lame d'acier tordue se terminant en pointe obtuse et dont les bords tranchants étaient rabattus vers le haut.

Un appareil de ce genre fut confectionné d'après nos indications par le forgeron du Musée d'Histoire Naturelle, M. Didion, et mis à l'essai.

La vrille fonctionna assez bien dans les couches argilo-sableuses, mais sa manœuvre devenait assez pénible dans les argiles plastiques, tandis que son emploi devenait presque impossible dans certains sables meubles.

Dans le cas d'argiles plastiques, il était fort difficile de retirer l'instrument ; dans le cas de sables meubles et secs, la vrille remontait vide.

Cet insuccès fut attribué à la torsion insuffisante de la lame, les spires n'étant pas assez serrées ; toutefois il ne fut pas possible de remédier immédiatement à cet inconvénient, à cause de difficultés pratiques d'exécution.

Nous imaginâmes alors de combiner la vrille et la tarière pour le cas des sables meubles et des terrains humides ou bouillants.

Un cylindre de 3 à 4 centimètres de diamètre et de 20 centimètres de longueur, fendu sur sa hauteur, fut terminé par quelques tours de vrille sur 5 à 6 centimètres environ.

A l'essai, cette disposition donna de bons résultats, mais l'échantillon de terrain, tassé dans le cylindre, était difficile à extraire, ou bien sortait écrasé et mélangé.

C'est sur ces entrefaites que notre habile forgeron M. Didion trouva le moyen pratique de remplir notre desiderata et de fabriquer une vrille à tours serrés et à bords rabattus, de 0^m,35 de long, qui permit de rapporter de bons échantillons de toutes les couches traversées, depuis les argiles les plus compactes jusqu'aux sables meubles fins ou grossiers.

Le terrain se tassait entre les spires et était recueilli avec facilité et sans mélange.

Toutefois, dans les argiles, le travail du relèvement de la sonde après l'enfoncement restait toujours assez pénible.

La vrille entrait dans l'argile un peu à la façon d'un tire-bouchon, et il fallait ensuite arracher de force l'échantillon.

C'est alors que M. Didion, sur nos indications, modifia l'extrémité pointue.

Notre ingénieur auxiliaire allongea les deux tranchants primitifs et les façonna de manière à ce qu'en tournant, les deux couteaux ainsi formés découpassent le cylindre d'argile sur toute sa hauteur; ainsi détaché du reste de la masse, il ne restait plus, pour retirer la bourre, que de vaincre un peu d'adhérence et de frottement.

Dès lors l'outil principal était trouvé; il était léger, solide et convenait à tous les terrains; on en fixa alors les dimensions essentielles.

Pendant ces tâtonnements, divers modèles de raccords de tiges avaient aussi été essayés; les uns se tordaient sous l'effort; d'autres, présentant trop de relief sur le diamètre des tiges, frottaient contre les parois et avaient une tendance à se dévisser, surtout lorsque, par suite d'une trop grande résistance du terrain, il est nécessaire de détourner la vrille trop fortement engagée.

C'est à la suite de ces inconvénients que des modifications successives furent également faites aux assemblages de tiges et que deux modèles donnant de bons résultats furent adoptés.

L'un d'eux est à manchon mobile formant écrou; l'autre est à vis avec clichet de sûreté contre le dévissage, qui devient ainsi radicalement impossible.

La nature et la qualité des aciers employés, la détermination des parties qu'il convenait de tremper — chose très délicate et très importante — tout cela fut étudié point par point et sans cesse perfectionné.

C'est ainsi qu'à la suite de retouches successives et d'additions rapidement imaginées, grâce à un emploi constant de l'appareil dans toutes les conditions possibles, nous sommes arrivés au modèle définitivement adopté par nous, qui fonctionne à notre entière satisfaction, et que nous allons décrire ci-après.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

Notre sonde à main, qui a le grand avantage de ne nécessiter ni chèvre, ni cabestan, ni aucun dispositif accessoire encombrant et pondéreux, se compose d'une série de *tiges*, d'un *manche*, dit tourne-à-gauche, d'une *vrille*, d'un *trépan*, de *clefs*, d'une *fourche d'arrêt*, et d'un *manche mobile* avec clef à pression.

L'appareil, ainsi constitué, peut être, pour des sondages d'une douzaine de mètres, réparti en deux lots et introduit dans des gaines en cuir, destinées à les protéger contre les chocs et les intempéries; chacun de ces lots constitue alors la charge normale d'un porteur pouvant fournir, outre son travail effectif dans les opérations de sondage, une forte journée de marché.

Les Tiges.

FORME ET LONGUEUR. — Nous en avons employé de deux modèles, de même que nous avons deux systèmes de raccords ; les tiges sont rondes ou carrées. Quant à leur longueur elle est également variable. Nous avons indifféremment utilisé des tiges d'une longueur de 1 mètre et d'une longueur de 1^m,25 (vis terminale non comprise). Lorsqu'on a à faire un certain nombre de sondages très profonds (de 10 à 15 mètres) il semble préférable d'adopter, afin d'éviter la multiplicité des raccords et la perte de temps qui en est la conséquence, le modèle de 1^m,25 avec la tige carrée. Les figures 8 et 9 de la planche I représentent à l'échelle du $\frac{1}{10}$ deux tiges à section carrée de 1 mètre de longueur, d'après une sonde de notre système exécutée pour nos études personnelles. Celles à section carrée que nous avons employées aussi bien pour nos levés géologiques que pour nos travaux de reconnaissance à l'emplacement des forts de la Meuse, avaient 1^m,25 de longueur.

ENCOCHES. — Dans toutes les parties de l'appareil de sondages : tiges, manches, etc., les angles sont *biseautés* et adoucis afin de faciliter le maniement. Pour rendre plus aisé le mesurage des profondeurs d'où proviennent les bourres successives ramenées par la sonde, nous avons d'abord muni les tiges d'encoches, fournies soit par de légers sillons transversaux espacés le long de la tige, de 25 en 25 centimètres, soit par de petites cavités circulaires, ou même de simples points creux, légèrement frappés sur les faces. Nous y avons renoncé, ayant reconnu qu'après un certain temps d'usage, surtout lors du maniement des tiges dans les sondages profonds, ces encoches finissent toujours par constituer des points faibles et que, lors de certains mouvements de flexion des tiges assemblées sur une grande longueur, elles provoquent des ruptures.

Avec un peu d'habitude, ou bien grâce à l'emploi d'une règle sommairement divisée, appliquée parallèlement à la partie visible de la dernière tige, lorsque la vrille est à fond, il est fort aisé de mesurer la profondeur exacte de celle-ci sous le sol.

ÉPAISSEUR DES TIGES. — On peut faire varier dans certaines limites l'épaisseur des tiges, suivant que l'on désire rendre l'appareil plus ou moins léger, ou bien plus ou moins résistant.

Nous avons longtemps travaillé avec des tiges épaisses de 0^m,014 et ayant 1^m,25 de longueur. Les tiges représentées fig. 8 et 9 sur la planche I, sont d'une solidité considérable et ont 0^m,013 d'épaisseur.

Quant à notre appareil à tiges rondes, dont le système d'ajustage est différent (voir la figure de la page 153) il se compose de tiges cylindriques pleines, ayant 0^m,15 de diamètre et 1 mètre de longueur.

NATURE ET QUALITÉS DU MÉTAL EMPLOYÉ. — Le choix du métal constitue ici un facteur très important. Les tiges de nos sondes sont en acier au charbon de bois, soudable, plusieurs fois corroyé, martelé et de qualité spéciale. Cet acier ne peut être trempé; sans quoi les réparations et soudures auxquelles donne parfois lieu un emploi fréquent et prolongé de l'appareil deviennent impossibles. Les pièces de raccordement des tiges se travaillent d'ailleurs à part et doivent être soudées aux extrémités de celles-ci. Jamais, depuis huit ans, nous n'avons constaté de cas de détachement des raccords de nos tiges.

Les Raccords.

Les raccords sont de deux systèmes différents. La planche I n'en figure qu'un seul, et c'est celui que nous préconisons le plus. Toutefois il exige un chef d'équipe très soigneux dans la direction du travail et très méticuleux pour le nettoyage des appareils. A part cela, ses avantages sont considérables, car ce système de raccord, ainsi qu'on va le voir, fournit une garantie absolue de la cohésion de l'appareil qui, même aux profondeurs de 12 à 15 mètres, semble n'être constitué que par une seule tige rigide, et reste complètement indévissable.

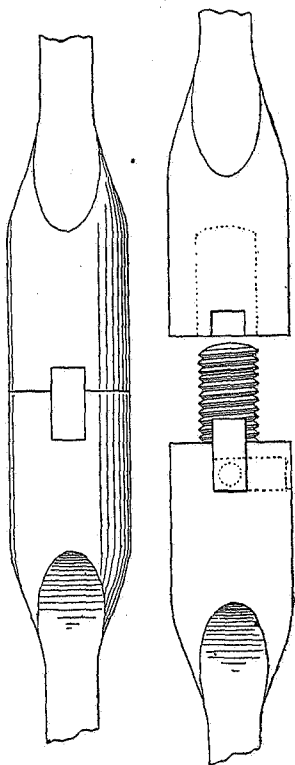
L'autre système de raccord, très favorable également, et qui a été presque constamment employé par l'un de nous, est d'un maniement moins délicat et d'une durée probablement plus prolongée. Il est représenté page 153.

RACCORDS A CLICHET DE SURETÉ. — Ce dispositif, aussi simple qu'ingénieux, a été imaginé par notre constructeur M. Didion, en vue d'empêcher radicalement le dévissage des tiges et de fournir pour leurs raccords un minimum de saillie dans le trou de sondage.

La disposition générale des raccords est fournie par les extrémités des tiges représentées sur la planche I (fig. 8 et 9). On y remarque à l'extrémité mâle des tiges une vis saillante, à pas serré, destinée à pénétrer dans l'extrémité femelle de la tige adjacente ou écrou. Cette vis présente un diamètre externe de $0^m,015$. Jusqu'ici rien de bien nouveau. Mais, du côté femelle portant l'écrou on remarque une encoche quadrangulaire large de $0^m,009$ (fig. 3 et 8 *a*), tandis qu'à l'extrémité mâle on voit d'une part (fig. 4 *b* et fig. 9 *b*), un clichet saillant de même largeur, épais de $0^m,005$ et paraissant destiné à s'emboîter en *a*. D'autre part, à l'opposé du clichet *b*, on voit un petit disque *b'* (fig. 8), qui semble en relation avec le clichet *b*.

Si nous examinons maintenant les figures 12 et 13 de la planche I, qui nous fournissent les coupes longitudinales et transversales au

plan de jonction de deux tiges assemblées, nous constatons qu'il existe à l'intérieur du raccord mâle un petit ressort à boudin, logé dans son épaisseur, transversalement à l'axe des tiges, et qui a pour effet de ramener automatiquement le cliquet *b* dans l'encoche *a*. Pour l'en faire sortir il suffit d'appuyer avec un outil quelconque — et l'on a ce qu'il faut sous la main, grâce à l'extrémité amincie des clefs de serrage (fig. 2 *a*) — sur le disque circulaire *b'* (voir fig. 8, 12 et 13) qui pressant le ressort, fait saillir le cliquet *b* — que d'un coup de pouce l'on ramène à angle droit avec l'axe des tiges — et qui ne s'oppose alors plus au dévissage des tiges en contact.



Les figures ci-contre, fournissant, à une échelle plus grande, le détail extérieur de cet ingénieux système de raccord, permettent de bien se rendre compte de sa disposition. A gauche on voit deux tiges rassemblées, après la rentrée automatique — grâce au ressort interne du cliquet — dont il a suffi de remettre le grand axe dans le sens de celui des tiges. A droite on voit les extrémités mâle et femelle de deux tiges en présence.

Le trait plein figurant le cliquet mobile de l'extrémité mâle représente ce cliquet enfoncé dans son alvéole et empêchant le vissage des tiges. Le tracé en pointillé le montre ayant fait *un demi tour à droite*, après que l'extrémité pointue d'une clef (fig. 2 *a*) l'a délogé de son alvéole en le poussant d'arrière en avant en dehors du manchon, et, cette position obtenue, plus rien n'empêche le vissage des tiges. Cela fait, d'un coup de pouce, on remet le cliquet dans sa position normale et alors il occupe à la fois son alvéole et l'encoche quadrangulaire disponible, que le serrage de la tige

à bout femelle amène aisément en regard de l'alvéole du cliquet. On obtient alors de nouveau l'aspect de la figure de gauche et les deux tiges, absolument indévissables, n'en font pour ainsi dire plus qu'une seule.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que lorsqu'on veut séparer les tiges ou démonter l'appareil, on procède exactement à la même opération,

en commençant par chasser le clichet de son alvéole, puis en lui faisant effectuer un mouvement de sortie et de rotation permettant le libre dévissage des tiges.

Dans notre appareil, soit avec tiges de 1 mètre, soit avec tiges de 1^m,25, les manchons, — remarquablement lisses et favorables, — formant la jonction des tiges, ont un diamètre constant de 0^m,032. Dans certaines de nos sondes, plus légères, ils n'ont que 0^m,030 et même moins. Il nous paraît difficile de réaliser des joints mieux conditionnés.

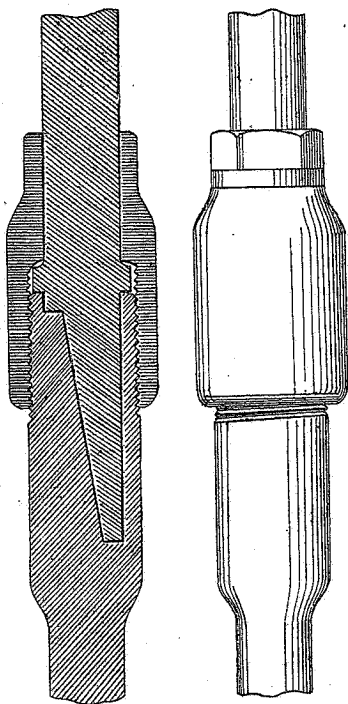
Il a été reconnu très avantageux de tremper, sur une minime épaisseur, les deux faces d'application des manchons, mais sans faire participer à cette opération la vis ni son écrou. Pour y arriver, M. Didion a imaginé une ingénieuse disposition qui permet, en lutant avec soin ces deux organes avec un mélange d'argile et de suie de cheminée, de ne pas les faire participer au trempage des extrémités des manchons.

RACCORD EN BISEAU, AVEC MANCHON INDÉPENDANT. — Nous passons maintenant à la description du second système de raccord : celui qui jusqu'ici n'a été adapté qu'à nos appareils à tiges rondes, mais qui est également applicable aux autres.

Dans cet ajustement, l'extrémité mâle d'une tige, coupée en biseau très allongé, s'applique contre la tige correspondante, évidée par une cavité oblique en longueur, semi-circulaire en section et qui est destinée à recevoir très exactement, se moulant en quelque sorte dans sa cavité, le bout mâle précité.

La figure ci-contre montre nettement cette disposition.

Un manchon mobile, qui peut glisser librement le long de la tige, s'arrête contre un rebord qui précède l'amincissement en biseau de l'extrémité mâle. Ce manchon est muni à l'intérieur d'un pas de vis bien fileté. Le pas de vis correspond à une contre partie en relief fixée à l'épaissement femelle de la tige dans laquelle s'engage le biseau, puis, le serrage, commencé à la volée par la



main, s'achève à fond à l'aide d'une clef analogue à celle figurée planche I (fig. 2).

La manœuvre est rapide et facile, et il est à remarquer que le pas de vis des manchons mobiles étant enroulé dans le sens du mouvement de pénétration de la vrille, le dévissage est impossible lorsqu'on détourne celle-ci, puisqu'alors on serre davantage les manchons. L'absence de frottement des manchons contre les parois du trou de sonde — lequel a le diamètre de la vrille, plus large que ces manchons — empêche tout dévissage des tiges pendant le travail de pénétration de la vrille. Toutefois, en cas de gonflement de terrains traversés, plus ou moins ébouleux ou aquifères, il y a quelques précautions à prendre et le serrage des manchons doit être fait d'une manière énergique. Un bon chef d'équipe se rend aisément compte, en peu de temps, des précautions à prendre suivant les cas.

Quelque commode et favorable qu'il soit, ce système de raccord n'offre toutefois pas les mêmes garanties contre le dévissage que celui précédemment décrit, et l'appareil ne peut se manœuvrer, surtout à grande profondeur et dans des couches aquifères ou glaiseuses compactes ou sujettes au foisonnement, avec l'*absolue sécurité* que présente l'autre système.

La vrille.

La vrille, représentée aux échelles respectives du $\frac{1}{9}$ et du $\frac{1}{5}$ par les figures 3 et 6 de la planche I, constitue un outil, qui, à première vue, paraît différer peu d'une mèche anglaise ordinaire et, cependant, que de formules et que de courbures voisines ou analogues ont été essayées et successivement rejetées lors de nos premiers essais, montrant qu'une très légère modification peut constituer des avantages ou des inconvénients considérables. Nous avons dit quelques mots de ces essais dans notre Introduction et nous nous bornerons maintenant à déclarer que le modèle définitivement adopté depuis plusieurs années et que représente fort exactement (1) la planche I, nous a fourni les résultats les plus satisfaisants.

FABRICATION. — Cette vrille est formée d'une lame tordue en spirale assez serrée, à bords relevés et formant légèrement gouttière ; elle est forgée d'une seule pièce, ce qui a demandé un travail spécial à notre

(1) Certaines des vrilles que nous avons employées offraient un rebord en gouttière encore plus accentué que celle figurée planche I. Il est à remarquer que celle-ci a été par erreur ombrée sur pierre dans un sens contraire à la présentation naturelle de la planche. Les ombres se détachent mieux et sont plus logiques dans leurs rapports avec l'éclairage naturel lorsqu'on retourne la planche.

habile forgeron M. Didion qui, pour arriver au résultat désiré, a imaginé de travailler d'une manière toute particulière. une lame placée entre deux cylindres, de tordre le tout ensemble et de rabattre ensuite, sur l'un de ces cylindres tordus avec la lame, les bords en gouttière de celle-ci. Après le dégagement, toujours très délicat, des cylindres, on obtient la spirale hélicoïdale représentée dans la planche I.

DIMENSIONS. — La longueur de nos vrilles est de 35 à 40 centimètres ; leur diamètre extérieur, dans nos grands appareils ordinaires, est de 0^m,045. La tige qui y est soudée a une longueur de 0^m,80 à 0^m,85 ; l'ensemble ne peut pas dépasser 1^m,25. Il est certain qu'on peut construire et employer avec avantage une sonde dont les éléments principaux : tiges et vrille, sont de plus minimes dimensions ; mais outre le défaut de résistance, il y a encore à tenir compte d'une circonstance qui sera expliquée plus loin, lorsque nous parlerons du maniement de l'appareil, et qui oblige à ne pas trop restreindre les dimensions, ou plutôt l'écartement des spires de la vrille. On risquerait autrement de rendre le nettoyage et la prise de la bourre difficiles et même dangereux. Cet écartement est, dans le modèle représenté, de 0^m,030 à 0^m,032 en distance normale. L'épaisseur de la lame métallique constituant la vrille est de 0^m,004.

FORME. — A plusieurs reprises, nous avons employé des vrilles qui, au lieu de rester cylindriques et de même diamètre dans toute leur longueur, comme celle figurée planche I, étaient légèrement coniques et allaient en s'élargissant vers leur extrémité inférieure. A côté de certains avantages, cette disposition a parfois paru présenter quelques inconvénients, et la question doit encore être mise à l'étude. Ce qui est certain, c'est que la forme conique avec amincissement vers l'extrémité, est franchement défavorable. C'est d'ailleurs la forme que prend naturellement l'instrument après un temps de service prolongé, et alors la vrille exige soit des réparations lorsque c'est possible, soit un remplacement.

AMORCE OU EXTRÉMITÉ. — Une vrille simplement terminée en pointe amincie pénètre un peu à la façon d'un tire-bouchon. Dans les argiles, glaises et formations dures et compactes quelconques, où s'enfonçaient nos premiers modèles de vrille, nous constatons, lors de la remonte de l'instrument, des résistances parfois insurmontables. L'échantillon n'était nullement *détaché* de la masse compacte au sein de laquelle s'était enfoncée la lame spirale, et les plus grands et les plus pénibles efforts étaient parfois nécessaires pour l'*arracher* du fond du trou de sondage.

Il n'en est plus ainsi maintenant, grâce à l'ingénieuse adjonction que

M. Didion a faite au dispositif de la vrille, dont l'extrémité est armée de deux expansions en forme d'ailes ou de lames de couteau, disposées de manière à provoquer le détachement latéral de l'échantillon destiné, dans la descente graduelle de la vrille, à en garnir toute la masse cylindrique libre déterminée par le diamètre extérieur.

Lorsqu'on fait tourner à la main un bout de vrille, ainsi disposé et armé, au sein d'un corps cohérent, tel qu'une argile compacte, une glaise, un mastic quelconque, on constate nettement au jour cette action *découpante* et *détachante* de l'extrémité de la vrille ; effet qui ne se produit pas avec des vrilles ordinaires simplement pointues à l'extrémité.

Il est certain que cette partie élargie de l'extrémité de la vrille est sujette à s'user assez rapidement et à voir diminuer son effet utile après un certain temps de travail continu, et il est sage, si l'on a fréquemment affaire à des cailloux ou à des bancs gréseux ou autres plus ou moins durs ou difficiles à percer, de réserver exclusivement aux glaises et aux argiles compactes une vrille que l'on a peu fatiguée dans les premiers dépôts, où les expansions terminales ne sont pas de la même utilité.

La fourche.

L'utilité de la fourche représentée en plan et en profil par les figures 5 et 7 de la planche I, ne pourra être bien comprise que lorsque nous traiterons du maniement de la sonde. Il nous suffira, pour le moment, de dire que cet outil sert à maintenir à fleur de terre, engagé entre ses branches, l'extrémité élargie des tiges dont on doit tronçonner l'ensemble en une ou deux séries, aussitôt que le sondage a atteint des profondeurs dépassant 7 mètres.

La fourche est en fer et sa construction ne présente rien de particulier. Elle doit être solide et sans défaut, surtout à la jointure des branches. L'écartement de celles-ci est un peu plus grand que le côté latéral des tiges quadrangulaires et assez étroit pour bien maintenir le manchon terminal de la série de tiges, que la fourche est appelée à soutenir à fleur de sol pendant la manipulation de l'appareil. Celui-ci repose, au-dessus du trou de sonde, sur sa partie médiane en relief, ce qui permet aux ouvriers de saisir facilement le manche pour la manœuvre. La longueur de la fourche est de 0^m,50 ; la largeur des branches de 0^m,020 ; leur épaisseur de 0^m,015.

Les clefs.

La figure 2 de la planche I montre la forme des clefs que nous employons. Il les faut massives, très résistantes et sans défaut. Elles

sont en fer forgé et ont 0^m,240 de long. Les clefs devant parfois subir des efforts considérables, dans certains cas de dévissage un peu difficile, surtout par suite d'opérations à grandes profondeurs, il importe de faire apporter beaucoup de soin à leur fabrication. Leur épaisseur est de 0^m,008 dans le manche et de 0^m,011 à la tête.

La manœuvre de l'appareil exige *deux clefs* semblables à celle figurée. Nous croyons qu'une clef de rechange, en cas de perte ou d'accident, ne constituerait pas, surtout lorsqu'on aborde une série de sondages profonds, une charge bien encombrante ni une mesure dépourvue de prudence.

L'écartement des dents de la clef doit être approprié au diamètre des tiges. La prise de celles-ci doit être franche, nette et aisée, exempte de ballottages ou de glissements. La résistance des dents à l'écartement doit avoir été fortement éprouvée.

Le constructeur doit aussi avoir soin que l'extrémité amincie (fig. 2 *d*) soit d'un diamètre un peu moins grand que celui du disque *b'* (voir fig. 13), qui doit s'enfoncer avec le ressort sous la pression de cette extrémité de la clef.

Dans l'appareil à raccord en biseau, les clefs doivent s'adapter aux pans coupés en polygone hexagonal que forme la partie supérieure des manchons mobiles joignant les tiges.

Dans les deux systèmes d'appareil, les clefs doivent s'adapter également à l'écrou mobile qui serre le tourne-à-gauche dans l'axe de la tigette représentée figure 1.

Le trépan.

Cet appareil, qui sert à battre le fond du trou de sonde et à le débarrasser des concrétions ou des niveaux durcis : grès ou minerais ferrugineux, bancs coquilliers, lits de cailloux, etc., ne présente rien de particulier. C'est un trépan ordinaire, dont la lame, large de 0^m,045, est, comme le représente la figure 4 de la planche I, assez fortement élargie et tranchante, non seulement sur l'arc de cercle de sa base, mais encore sur les côtés. Cette partie de la tige doit être fortement trempée, sans cependant qu'elle soit rendue trop cassante. La longueur de la tige qui est munie du trépan est la même que celle des autres tiges.

Le tourne-à-gauche.

Le tourne-à-gauche, ou manche de l'instrument, sur lequel se produit l'effort des équipes qui, en le mettant en rotation, font pénétrer la vrille, se compose d'un bout de tige métallique (fig. 1) et d'une pièce transversale d'axe, munie de deux poignées cylindriques en bois dur et poli (fig. 10) cerclées d'anneaux en fer à chacune de leurs extrémités.

Cette tige (pl. I, fig. 1), longue de $0^m,50$ et de même épaisseur que les tiges normales, présente à sa partie supérieure un axe quadrangulaire destiné à s'engager dans la cavité correspondante du manche (fig. 10) et un écrou, muni d'un pas de vis, permet d'assujettir les deux pièces du tourne-à-gauche, le serrage de l'écrou mobile se faisant à l'aide de la clef représentée fig. 2.

Le manche doit être très solide et résistant, la pièce de fer qui s'engage dans les deux poignées ne peut présenter aucun défaut ni paille. Cette pièce, dans le modèle représenté, a $0^m,017$ d'épaisseur, sur $0^m,021$ de largeur. Les bords sont très largement biseautés. Les deux poignées en bois ont chacune $0^m,145$ de longueur totale et $0^m,037$ de diamètre. La longueur totale du manche est de $0^m,30$.

Le manche mobile.

Cet appareil, représenté par la figure 11 de la planche I, est d'une haute utilité, surtout dans le maniement des tiges lorsque le sondage atteint et dépasse 7 mètres de profondeur. Pris dans son ensemble, le manche mobile se compose, comme le tourne-à-gauche, de deux manchons en bois constituant les extrémités d'une pièce transversale d'axe s'appliquant en son milieu au système des tiges, dans le but d'en faire effectuer la rotation et, par suite, la pénétration de la vrille. Le dispositif simple et pratique imaginé par M. Didion permet d'appliquer avec la plus grande facilité l'appareil rotateur à *n'importe quel point des tiges de l'appareil pendant la manœuvre*; ce qui constitue un inappréciable avantage pour l'exécution des sondages profonds, ainsi qu'on le verra plus loin dans l'exposé du maniement de l'appareil.

Examinons de quelle manière ce résultat est obtenu. La forte pièce de fer (épaisseur $0^m,025$), qui s'élargit en trapèze entre les deux manches de l'appareil, est découpée d'un côté par une cavité rectangulaire destinée à recevoir à son extrémité interne *n* les tiges quadrangulaires de la sonde, cavité qui par conséquent est d'une largeur à peine un peu plus grande que la section de ces tiges.

Une vis de pression à écrou mobile s'adapte devant cette cavité et provoque, lors du serrage de la vis *m n*, le fixage énergique des tiges de sonde au fond de la cavité *n*.

L'extrémité antérieure de la vis *m n* est munie à cet effet d'une baguette à jeu libre glissant dans cette tête de vis et permettant de serrer la vis en quelques tours de mains.

Le diamètre de la vis est de $0^m,012$; celle de la baguette (construite en fer forgé très résistant) est de $0^m,008$.

Voici maintenant comment, d'un seul coup de main, on débarrasse l'entrée du chenal *mn* de l'appareil de pression qui, dans la position indiquée par la figure 11, obstrue la pièce et empêche l'introduction des tiges au fond de la cavité *n*.

La pièce *op* occupe, sur une épaisseur de 0^m,020, la partie supérieure de la plaque centrale du manche mobile, partie dans laquelle elle se trouve encastrée comme un loquet pivotant autour d'un axe transversal interne, qui existe en *o*. Cette pièce repose donc librement en *p* dans l'épaisseur de la plaque.

De cette disposition il résulte que, pour adapter le manche mobile en un point quelconque du système des tiges, il suffit, en appuyant sur la tête de vis *m* avec la paume de la main, de faire basculer le loquet *op* autour de l'axe *o*; ce qui fait relever verticalement le loquet avec la vis de pression et dégage le chenal *mn* (1). On adapte l'appareil à celles des tiges engagées dans le trou de sondage qu'il est nécessaire d'actionner, et, d'un coup de pouce, on rabat le loquet *op* puis l'on serre, à l'aide de la baguette-levier, la vis de pression qui, de cette manière, assujettit solidement la tige au manche mobile. On peut alors opérer soit la traction pour relever les tiges, soit la rotation pour faire avancer la vrille.

Comme on le voit, rien n'est plus aisé ni plus pratique et l'appareil en question est d'une simplicité de construction et de manœuvre fort remarquable.

La figure 11 est dessinée à l'échelle du $\frac{1}{9}$ environ. Les manchons en bois ont 0^m,142 de long et 0^m,030 de diamètre. La longueur totale de l'appareil est de 0^m,510. La pièce métallique centrale en fer forgé *a*, dans ses parties latérales, 0^m,025 de largeur et d'épaisseur. La plaque élargie du centre a 0^m,110 de longueur totale sur 0^m,062 de largeur et 0^m,025 d'épaisseur.

Nous n'avons pas jusqu'ici fait l'application du manche mobile à nos sondes à tiges rondes, qui exigeraient un dispositif un peu différent. Ce sont d'ailleurs généralement les sondes à tige carrées qui ont été employées dans nos sondages profonds.

Tels sont les divers organes de notre sonde à main. Comme on a pu s'en assurer, ils sont à la fois simples et ingénieux. L'appareil est d'un transport commode, car aucune pièce ne dépasse 1^m,25 de lon-

(1) Une petite encoche avec arrêt, peu distinctement représenté sur la figure 11 de la planche I, assure la station verticale de tout le système de loquet : vis et levier, pendant l'introduction de la tige en *mn*.

gueur et le poids total de tout l'appareil, pour une douzaine de mètres par exemple, avec tous ses accessoires, est de vingt-neuf kilogrammes. Chaque tige en plus pèse *deux* kilos.

Lorsqu'on emporte seulement l'outillage nécessaire à des sondages de 6 à 7 mètres, il est inutile d'y comprendre le manche mobile (qui pèse à lui seul 2 1/2 kilos) et la fourche (2 kilos). Le poids, pour des sondages d'environ 7 mètres, est alors réduit à quinze kilos, ce qui constitue une charge facile à porter pendant une forte journée de travail et de marche, pour un homme habitué au maniement de l'appareil.

MANIEMENT DE L'APPAREIL

ORGANISATION DE L'ÉQUIPE DE SONDEURS. — Bien que la manœuvre de notre sonde portative soit assez simple, et que les soins que réclame la bonne conservation de l'appareil ne présentent rien de spécial, il convient de ne pas en confier le maniement au premier ouvrier ou homme d'équipe venu. Il est même indispensable de pouvoir compter sur un ouvrier sondeur intelligent et soigneux, bien au courant de la manœuvre, et de lui assurer un auxiliaire attentif à ses instructions. Pour des sondages de 6 à 7 mètres, dont l'ouvrier sondeur peut à lui seul transporter au loin l'outillage complet, on obtient facilement — du moins dans nos régions — l'adjonction d'un auxiliaire pris sur place lorsque les opérations sont intermittentes ou accidentelles. Dans le cas contraire, c'est-à-dire pour des travaux continus et de longue haleine, il est évident qu'il vaut mieux constituer une équipe de deux hommes, ce qui permet d'ailleurs le transport pédestre de l'outillage nécessaire aux sondages de 11 à 12 mètres. Lorsqu'on a en vue d'effectuer pendant la journée d'exploration des sondages de 11 à 13 ou 15 mètres, il convient pour le transport, aussi bien que pour faciliter le travail lui-même, d'adjoindre aux deux ouvriers sondeurs un aide supplémentaire, dont le choix est alors d'importance secondaire et qui peut être aisément trouvé presque partout dans nos campagnes.

Lorsque le géologue ou le chef de l'expédition est présent aux opérations, comme c'est généralement le cas lorsqu'il s'agit d'études géologiques, il peut fort utilement intervenir dans les opérations à partir de l'approfondissement à 6 ou 7 mètres ; on verra tout à l'heure de quelle manière.

CURIOSITÉ DES HABITANTS. PROFIT A EN TIRER. — Lorsqu'on procède dans nos campagnes, surtout dans les parties très habitées, à des opérations de sondage, la curiosité et, pour beaucoup, la nouveauté de ces opérations — du moins dans la région agricole — font souvent

affluer autour du lieu de travail; une quantité de villageois de tous âges. On se gardera bien de les faire tenir à l'écart car, à moins d'importunité réelle et de gêne dans le travail, le géologue trouvera toujours moyen, après avoir fait disparaître, par quelques paroles bienveillantes, un premier sentiment de défiance ou de réserve, d'obtenir, surtout de la part d'hommes âgés, des renseignements utiles et complémentaires sur la nature du sous-sol profond, que des déblais de puits, de fondations, des exploitations anciennes et abandonnées auraient permis aux villageois d'observer dans le cours de leur existence. En bien des circonstances, de tels procédés d'investigation nous ont fourni des résultats précieux, guidant utilement nos recherches et travaux ultérieurs, et avançant la solution de problèmes en élaboration.

A ce sujet, il est à peine besoin de dire combien les données fournies par les maçons et les puisatiers de village, convenablement et prudemment interprétées, peuvent éclairer les recherches du géologue sur la constitution du sol profond, dans les régions à nappes aquifères souterraines et inaccessibles aux investigations de la sonde à main.

MONTAGE DE LA VRILLE. — Lorsque l'équipe des sondeurs est arrivée dans la région à explorer, on dispose les charges de manière à ce que les tiges d'allonge forment une ou plusieurs charges réparties entre les ouvriers ou porteurs auxiliaires, et lorsque le moment de sonder est venu, le chef sondeur, dévissant l'écrou de tête de la tigette figurée au haut de la planche I, adapte à l'extrémité supérieure de celle-ci le tourne-à-gauche (fig. 10). Après avoir serré, d'abord avec la main, puis avec la clef, l'écrou qui fixe ce manche, il appuie avec l'extrémité *d* de la clef (fig. 2) sur le petit disque *a* qui existe, comme dans la figure 8, à l'opposé du clichet *b* de l'extrémité inférieure de la tigette.

D'un coup de pouce il fait prendre au clichet délogé de son alvéole, une position perpendiculaire à l'axe de la tigette (voir page 152 figure de droite) et alors il introduit la vis dans l'écrou de la tige longue ou perforatrice, munie à son extrémité de la vrille. Pendant que l'ouvrier, que nous appellerons B par exemple, maintient verticalement — la pointe de la vrille appuyée sur le sol — la tige perforatrice (fig. 3), le chef sondeur A, adaptant à son extrémité la tigette à manche (fig. 1-10), introduit par rotation la vis de celle-ci dans l'écrou de la tige perforatrice. Pour activer le mouvement il fait, après quelques tours de vis assujettissant les deux pièces, décrire à la volée de la main droite quelques séries de moulinets rapides au manche ou tourne-à-gauche. La vis *b* de la tigette a alors pénétré presque à fond dans l'écrou *a* de la tige perforatrice, c'est-à-dire munie de la vrille.

Pour achever le serrage, l'ouvrier B renverse horizontalement le

système de tiges, et tandis que le chef sondeur A, saisissant horizontalement dans chaque main l'une des extrémités du manche, le maintient immobile, l'ouvrier B, muni d'une clef (fig. 2), fait tourner la tige perforatrice de manière non seulement à bien serrer à fond la vis, mais surtout à amener l'encoche *a* de cette tige bien en face de l'alvéole du clichet *b*. Tout cela s'opère en quelques secondes lorsque l'appareil est bien construit et que les ouvriers ont acquis quelque expérience.

Cela fait, d'un coup de pousse, l'ouvrier B remet le clichet *b* dans sa position normale et la force du ressort interne, représenté en section dans les fig. 12 et 13, ramène ce clichet à la fois engagé dans son alvéole et dans l'encoche *a*. Lorsque l'instrument est neuf, un petit coup de clef sur le clichet, facilite parfois, en cas de frottement, la rentrée du loquet. Dans cette position d'assujettissement, les deux tiges peuvent être considérées comme n'en faisant plus qu'une.

DÉBUTS DU CREUSEMENT DU TROU DE SONDE. L'appareil étant prêt à servir, le sondeur A — n'ayant parfois à vaincre qu'une légère résistance momentanée dans les quelques premiers centimètres du sol végétal, s'il se trouve sur un sol tassé ou dans un chemin de terre — n'a qu'à opérer une légère pression en tournant de droite à gauche vers lui le manche, qui se trouve à environ 1^m,75 du sol, et la vrille s'enfonce alors avec une grande aisance au sein du limon ou des alluvions qu'il s'agit de percer.

Lorsque la vrille, après quelques tours, a disparu dans le sol de la moitié environ de sa longueur, le sondeur A lui fait opérer, en détournant, un demi-tour en arrière, ce qui facilite l'extraction de la bourre. Puis les sondeurs A et B, opérant chacun une traction uniforme sur les parties opposées du tourne-à-gauche, et dans un sens bien vertical, relèvent ensemble la vrille, qui sort de terre garnie d'un cylindre de limon ou de dépôt recouvrant quelconque, remplissant ainsi tout l'intervalle de la lame spirale. Pour enlever la bourre et la donner à étudier si c'est nécessaire, le sondeur A, renversant horizontalement les tiges, en saisit de la main gauche la partie supérieure (le milieu de la tigette fig. 1) et de la main droite fait tourner rapidement le manche de haut en bas dans le sens du travail de la vrille, pendant que l'ouvrier B, se plaçant du même côté de l'axe des tiges, en saisit et en soutient de la main gauche une partie voisine de la naissance de la vrille et de l'autre, engageant le pouce et l'index entre l'écartement des spires, récolte l'échantillon, qui lui tombe dans le creux de la main par suite du mouvement de rotation de la vrille, mise en mouvement par le sondeur A.

La vrille étant débarrassée de sa bourre et ensuite nettoyée par B entre le pouce et l'index, pendant un nouveau mouvement de rotation

imprimé par le sondeur A, celui-ci la replace dans le trou de sonde et recommence la même opération en enfonçant cette fois la vrille jusqu'au bout. Il descend ainsi successivement jusqu'à ce que le manche de la sonde touche le sol, en ayant soin, sauf dans les sables, de ne jamais enfoncer trop profondément la vrille. Pour chaque bourre rapportant la vrille aux trois quarts pleine et garnie par conséquent d'un échantillon à surface extérieure cylindrique de $0^m,25$ à $0^m,30$ de hauteur, il doit faire exécuter au tourne-à-gauche de six à sept tours et il détourne d'un demi tour ou d'un tour entier suivant la résistance du terrain. Les chiffres varient, il est vrai, suivant la nature et la capacité du terrain ; mais c'est une moyenne assez constante.

ADJONCTION DES PREMIÈRES TIGES. Le sondage étant arrivé de $1^m,70$ à $1^m,75$, ne peut plus se continuer sans l'adjonction de nouvelles tiges. Pour y arriver on dégage l'écrou de sûreté du raccord, conformément au mode opératoire déjà décrit page 152, puis on dévisse la tigette de tête, à l'aide de quelques moulinets imprimés au manche et, au lieu de la tigette, on fixe une tige quelconque de raccord, — dont le cliquet a été préalablement disposé dans le sens transversal — à la tige perforatrice, et l'on assure le serrage comme précédemment, avec cette différence que, pour mettre en contact parfait l'encoche *a* de l'une avec l'alvéole *b* de l'autre, le chef sondeur et son aide emploient chacun une clef à l'aide de laquelle ils opèrent sur les tiges les pressions nécessaires pour amener ces cavités en contact parfait et permettre au cliquet sa remise en position normale longitudinale interne.

De la même manière on raccorde à la tige supplémentaire la tigette à manche et l'on obtient une sonde de $2^m,75$ à 3 mètres, qu'il est encore aisé d'introduire verticalement dans le trou de sonde, où sa descente fait arriver le manche à 1 mètre environ au-dessus du sol, (ou à $1^m,25$ si l'on emploie des tiges de cette longueur). Le travail d'approfondissement et de nettoyage de la vrille se poursuit comme précédemment et l'on ajoute encore une tige, ce qui nous mène à $3^m,75$ ou à $4^m,25$ lorsque le manche arrive de nouveau au sol.

SONDAGES SOUS 4 MÈTRES. Jusqu'ici aucune difficulté de manie- ment n'a empêché l'introduction des tiges dans le trou de sonde, ni leur retrait, qui s'opère avec aisance, après le mouvement de traction des deux sondeurs, dégageant la vrille des profondeurs où elle est engagée. Mais à partir de $3^m,75$ à $4^m,25$ (suivant que l'on a ajouté 2 tiges de 1 mètre ou de $1^m,25$) on ne peut plus très facilement faire basculer l'appareil pour l'introduire dans le trou de sonde. Alors, tandis que l'ouvrier B se tient devant l'orifice du sondage et prêt à y introduire de la main droite la vrille aussitôt que celle-ci se trouvera pla-

cée verticalement au-dessus de la cavité forée, il attend — la main gauche étendue et empoignant, prêt à en suivre le mouvement vertical; le sommet de la tige perforatrice — que le chef sondeur A, d'un coup élastique et bien calculé, envoie dans les airs la partie supérieure de l'appareil, qu'il tenait en main, à quelque distance sous le manche. Au moment où, par suite de ce mouvement, tout le système de tiges se trouve suspendu verticalement, entre les mains de l'ouvrier B, au-dessus du trou de sonde, ce sondeur le laisse doucement descendre dans le trou et, aidé par le sondeur A, qui s'est rapidement rapproché, il guide aisément la descente de l'appareil, qui arrive ensuite à fond et continue son œuvre comme précédemment.

Pour retirer la bourre et les tiges, après avoir tourné sept à huit fois, ou moins, suivant la résistance du terrain, et détourné d'un tour ou d'un demi tour, après avoir opéré avec le sondeur A la traction qui dégage la vrille, l'ouvrier B ramène aisément à lui seul le système de tiges, pendant que le chef sondeur A, se reculant à une distance convenable et se plaçant dans une direction où il n'est point incommodé par la lumière du soleil ou d'un jour trop vif, reçoit dans ses mains avec un mouvement souple et élastique de tout le corps, l'extrémité antérieure de l'appareil que l'ouvrier B, aussitôt que la vrille apparaît hors du sol, laisse retomber — en le guidant, mais sans le retenir dans sa descente — dans la direction du sondeur A.

Il est à noter que si le sondeur A recevait l'appareil avec un mouvement d'arrêt brusque et sec, il risquerait, outre de recevoir une secousse qui avec une longueur de tiges de 6 à 7 mètres pourrait être désagréable, d'ébranler la bourre et d'en disperser les éléments, du moins lorsqu'elle est composée de sable meuble et peu cohérent que seule la pression des spires maintient assemblé.

D'autre part, si l'ouvrier B, faute de raisonnement, croyait devoir retarder la descente de l'appareil dans les airs, pour en rendre la réception plus facile pour A il n'aboutirait, en ne laissant pas la chute s'opérer sans contrainte, qu'à provoquer une rupture des tiges, ou tout au moins à plier celles-ci.

Les sondeurs, s'ils sont intelligents et souples, peuvent acquérir en quelques heures d'initiation, l'expérience nécessaire pour faire manœuvrer de cette manière, à eux deux, sans aucune aide accessoire, des assemblages de tiges longs d'environ 7 mètres; mais dès que l'on arrive à une longueur de 5^m,50 ou 5^m,75 (suivant la longueur des 4 ou 3 tiges d'allonges), il est préférable de dévisser, préalablement au lancement des tiges, le manche ou tourne-à-gauche, qui rendrait alors l'opération plus difficile et même un peu dangereuse en cas d'inattention ou de distrac-

tion. D'ailleurs, si le chef de l'expédition, géologue ou ingénieur, n'est pas d'âge, de santé ou d'humeur à intervenir directement dans l'opération en se chargeant du lançage et de la réception des tiges — ce qui devient un vrai jeu, s'opérant avec aisance et sans effort ni danger aucun après quelques jours de pratique — le mieux est d'adjoindre aux deux sondeurs un auxiliaire, dont l'aide facilite et abrège considérablement le travail de sondage, à partir des profondeurs de 6^m,75 ; c'est-à-dire comprenant 5 allonges de 1 mètre ou bien 4 de 1^m,25.

Il est à remarquer que le géologue peut, sans inconvénient pour son travail d'étude et d'observation, se charger de cette partie des opérations, puisqu'elle ne coïncide nullement avec l'examen de la bourre qu'il fait aussitôt après, lorsque le sondeur A, prenant sa place à l'extrémité antérieure de l'appareil tenu horizontalement, fait pivoter le manche pour permettre à B, en présence du géologue, de débarrasser la vrille de sa bourre.

Avant de continuer à expliquer les modifications de manœuvre nécessitées par un approfondissement plus grand du sondage, examinons maintenant de quelle manière se fait l'examen et la prise de l'échantillon rapporté sous forme de bourre par la vrille.

EXAMEN ET PRISE DE L'ÉCHANTILLON. Avant la prise de l'échantillon, on évalue — soit sans appareil lorsqu'un peu d'habitude permet d'apprécier la profondeur par l'inspection de la longueur de tige sortant de terre, soit en mesurant ce tronçon, qu'il faut déduire de la longueur employée — la profondeur à laquelle a atteint la vrille avant de la retirer, et l'on a soin de ne conserver que *les deux tiers antérieurs* environ de la bourre. C'est la partie pure de celle-ci. Plus haut il peut, dans certains cas, se produire des mélanges, des raclages de parois, etc., qui altèrent la valeur de l'échantillon. Dans tous les cas et quelle que soit la nature des échantillons de terrains ramenés par la sonde : limon, sable, tourbe, argile, gravier, etc., nous avons constaté qu'avec un peu de soin et d'attention dans la prise de l'échantillon, et surtout avec la recommandation indiquée ci-dessus, l'on pouvait obtenir des prises d'échantillons aussi belles et aussi nettes que celles qui auraient été faites avec un tube fermé.

Si des limons ou des argiles sont recueillis dans ou sous un niveau aquifère ou humide, et qu'à la remonte de la bourre on constate sur la surface cylindrique un voile boueux ou autre qui la salit et en masque les caractères, l'ouvrier B, avant de détacher la bourre en engageant le pouce et l'index entre les spires de la vrille, aura préalablement soin de presser dans la main, à l'aide du pouce et de l'indicateur, entourant la bourre comme d'un anneau, toute la longueur de la bourre cylindri-

que, qu'il parviendra très facilement à nettoyer ainsi et à débarrasser de ses impuretés extérieures. Cette précaution n'est toutefois nécessaire que lorsqu'on a besoin d'étudier ou de conserver l'échantillon.

Dans certaines argiles plastiques dures et compactes, on peut aussi très facilement, dans un cas pareil, nettoyer au couteau toute la surface de la bourre ramenée entre les spires de la vrille, et l'on peut alors dérouler, comme deux boudins ou cylindres séparés, enroulés de chaque côté de la lame, de beaux échantillons montrant les moindres variations des lits argileux percés.

Lorsque le sondeur A fait tourner le manche de l'appareil pendant que l'ouvrier B recueille l'échantillon, il doit veiller à ne pas commencer ce mouvement avant que ce dernier ne lui en donne le signal : l'absence de cette précaution ou trop de précipitation dans le mouvement initial de rotation pourrait occasionner des blessures à l'ouvrier chargé de la prise de l'échantillon, d'autant plus que les expansions en forme d'ailerons tranchants dont est munie l'extrémité de la vrille sont d'une approche dangereuse pour l'ouvrier peu expérimenté.

Il arrive parfois que dans la hauteur de la coupe géologique en miniature formée par la bourre, on observe des dépôts différents : dans nos dépôts du Tertiaire belge, ce sont souvent des lits minces coquilliers, des alternances de sables et d'argile, des contacts entre deux dépôts sableux différents, parfois même avec gravier séparatif intercalé.

Il va sans dire que, suivant le but que l'on a en vue, la prise de l'échantillon doit s'adresser à l'un ou l'autre ou bien à chacun de ces échantillons différents, dont il faudra noter les caractères et l'épaisseur, et dont les spécimens devront être recueillis avec soin et séparément pour être conservés dans des sacs, boîtes ou sachets différents, si l'on a en vue d'obtenir une coupe géologique complète et détaillée du sondage.

SONDAGES DÉPASSANT 6 MÈTRES. — On n'éprouve aucune difficulté à lancer perpendiculairement au-dessus du trou de sonde un assemblage comprenant trois ou deux tiges d'allonge et formant, avec la vrille et le manche, un système rigide de 4^m,75 à 4^m,25, suivant que la longueur des tiges d'allonge est de 1 m. ou 1^m,25; mais pour l'adjonction des deux allonges suivantes, ce qui nous mène jusqu'à 6^m,75, il est nécessaire, avons-nous dit, pour éviter tout accident de rupture ou de torsion, et aussi pour faciliter les opérations, de dévisser la tigarette avec manche, avant d'effectuer le lançage. On revisse ensuite (sans s'astreindre à remettre le cliquet en position normale) avant de forer, puis, la

bourre prise et détachée du fond de la cavité, on dévisse de nouveau la tigette de tête, on l'enlève et on retire le système de tiges pour en recevoir à la volée dans les mains l'extrémité antérieure (1). Le sondage est alors arrivé à la profondeur de 6^m,75 quelle que soit la longueur des tiges employées (leur nombre seul diffère).

C'est à partir de ce moment que les opérations deviennent un peu moins rapides et que la durée du travail s'accroît dans une proportion

(1) Nous avons l'intention, pour simplifier encore les opérations, surtout au point de vue du dévissage et du revissage de la tigette de tête, lorsqu'on travaille à une certaine profondeur, de modifier de la manière suivante l'appareil. La tigette (fig. 1) à laquelle nous donnerions une longueur totale de 0^m,60, serait composée de deux tronçons, réunis par un raccord supplémentaire en biseau, (voir la figure de la page 153) tandis que le raccord de son extrémité inférieure serait conforme au modèle représenté dans la planche et dans les figures de la page 152.

Le manchon supérieur ou femelle d'une seule tige d'allonge, qui devrait toujours être la première employée, serait établi d'après le même système de raccord en biseau, l'autre extrémité de cette tige restant conforme au modèle de la planche I et de la page 152.

Voici l'avantage de cette disposition. Avant l'adjonction de la première tige d'allonge, rien n'est changé : on commence le sondage en adaptant l'extrémité à vis ou normale de la tigette à l'extrémité à écrou fileté de la tige perforatrice (fig. 3) ; mais aussitôt qu'il s'agirait d'utiliser les tiges supplémentaires, on dévisserait pour la laisser complètement de côté, la partie inférieure de la tigette, et le biseau de son tronçon supérieur s'appliquerait, pour toute la suite des manipulations, dans la cavité correspondante de la première tige d'allonge.

L'avantage apparaît lorsqu'arrivé à une certaine profondeur, à celle où le lançage et la réception des tronçons de tige exigent l'enlèvement et la remise continue de la tigette. Avec le raccord en biseau qui forme alors l'extrémité de la tigette réduite il n'est plus nécessaire de rien visser à fond, soit pour enfoncer la vrille, soit pour extraire la bourre.

Pour approfondir le forage, l'introduction des biseaux par simple contact suffit pour commander le mouvement de rotation des tiges ; pour retirer la bourre on peut soit, en donnant à la volée un mouvement de rotation rapide au manchon, assujettir suffisamment les pièces pour effectuer la traction et le relèvement des tiges, soit sortir simplement la tigette avec son tourne-à-gauche de l'alvéole biseautée dans laquelle on l'a placée et se servir alors du manche mobile. Si l'on a serré à la volée d'un coup de main le manchon-écrou, on le dégage de même, presque instantanément, avant de laisser remonter dans les airs le tronçon que l'on relève.

On pourrait, encore, pour éviter d'avoir une tigette composée de deux pièces, en avoir plutôt une de rechange avec biseau : le type normal de la tigette représentée servirait à commencer le sondage avec la tige portant la vrille ; ensuite, dès l'adjonction de la première tige d'allonge de type composite, on travaillerait jusqu'à la fin du sondage avec la tigette à biseau. C'est même ce dispositif auquel nous donnerons la préférence.

Nous pensons que ce système nouveau constituera une amélioration sérieuse et produira une grande économie de temps, surtout dans les opérations de sondages profonds.

qui augmente plus que le chiffre de l'approfondissement voulu. Des équipes prudentes ou peu expérimentées peuvent déjà commencer après être arrivées à 5^m,75 (avec 4 allonges de 1 mètre) ou 5^m,50 (avec 3 allonges de 1^m,25) à travailler d'après le mode opératoire suivant, qui nécessite l'emploi de la fourche. La bourre ayant été obtenue et détachée à n'importe quelle profondeur comprise entre 6 ou 7 et 14 mètres, l'ouvrier sondeur B relève approximativement la moitié ou le tiers de l'assemblage des tiges, de manière à ce que l'un des manchons ou épaisissements formés par la jonction des tiges, apparaisse entièrement à peu de distance au-dessus du sol. Le chef sondeur à ce moment fait engager vivement la partie de la tige sous-jacente à ce manchon entre les branches de la fourche (fig. 5), qu'il place de manière à ce que sa partie centrale saillante inférieure (fig. 7) se trouve posée à terre au-dessus du trou de sondage.

Il maintient alors bien verticalement les 3 à 4 mètres de tiges qui émergent (et dont il lui est même loisible d'avoir préalablement dévissé la tigette de tête, armée du manche) pendant que le sondeur B — qui, grâce à la fourche, n'a plus à s'occuper de la partie inférieure des tiges — désarticule les tiges au niveau du manchon maintenu par la fourche, ou plutôt au niveau de l'articulation supérieure, mieux à sa portée. Ensuite le sondeur A s'éloigne d'une distance convenable pour recevoir l'extrémité antérieure des tiges émergées, que le sondeur B envoie et laisse retomber, en les guidant, dans sa direction.

Si l'on a désarticulé au tiers ou au quart de la longueur des tiges, on recommence l'opération pour le second tiers ou pour les deux quarts restants : si l'on a désarticulé à moitié de la longueur de l'assemblage, il ne reste plus qu'à relever l'extrémité inférieure comprenant la vrille et sa bourre.

Pour l'enlèvement de la bourre et le nettoyage de la vrille, on peut à volonté, et suivant le plus ou moins de résistance des matériaux comprimés dans les tours de spire de la vrille, opérer la révolution des tiges, soit à l'aide d'une clef, soit simplement à la main, soit en rajustant la tigette qui porte le tourne-à-gauche. L'échantillon pris ou détaché, le sondeur B doit toujours avoir soin — et ceci est une mesure générale applicable à toutes les profondeurs du travail — de faire faire par le sondeur A quelques révolutions rapides aux tiges, pendant lesquelles, ayant l'index et le pouce appliqués de manière à entourer les deux faces de la lame spirale, le sondeur B nettoie celle-ci, afin d'éviter de salir la bourre suivante ou d'en troubler la pureté.

Pour continuer le travail d'approfondissement, le sondeur A lance à la manière ordinaire le premier tronçon que l'ouvrier B reçoit, laisse des-

endre dans la cavité et maintient avec soin, évitant de le laisser échapper, jusqu'à ce que le sondeur A, s'étant muni de la fourche, la place sous le dernier ou sous l'avant-dernier manchon et ait ainsi fixé en suspension au sein du trou de forage ce premier tronçon. On lance ensuite verticalement le second tronçon — évitant d'opérer avec des tronçons de tiges ayant plus de 3 à 4 mètres — et l'on reconstitue ainsi rapidement tout l'assemblage permettant de continuer et d'approfondir le forage.

Avant d'avoir adopté la fourche, nous avons l'habitude d'employer dans le même but le manche mobile (figure 11) dont le mécanisme, déjà expliqué précédemment, permet également cet usage ; toutefois la manœuvre à l'aide de la fourche est plus simple, et nous conseillons de réserver le manche mobile exclusivement pour les grands efforts de fonctionnement ou d'extraction de la vrille. Avec une équipe de trois hommes, l'emploi du manche mobile est cependant assez commode pour soutenir successivement les tronçons de l'assemblage des tiges.

Comme on le voit, rien n'est plus facile que le mode opératoire qui vient d'être décrit — assez minutieusement et assez longuement, il est vrai — mais qui, dans la pratique, se montre d'une grande simplicité et d'une rapidité remarquable. L'emploi en profondeur n'a d'autre limite que celle de l'élasticité du système de tiges et leur résistance à la torsion. En pratique, pour le diamètre de sonde portative que nous employons, nous avons constaté qu'on peut descendre sans aucune crainte et avec d'excellents résultats jusque 13 et 14 mètres ; dans du limon non aquifère ni foisonnant, ou dans tout autre bon terrain analogue, on peut avec nos appareils atteindre 15 mètres, et il n'est pas douteux qu'en augmentant un peu la force et les dimensions des tiges et des raccords, une équipe expérimentée pourrait atteindre près d'une vingtaine de mètres. Toutefois il est à remarquer que l'on sort alors de la catégorie de travaux et de recherches dont il est question ici.

MANŒUVRE DES MANCHES OU FORAGE PROPREMENT DIT.

Dans les sondages ne dépassant pas 2 à 4 mètres, un seul ouvrier sondeur, agissant avec une faible pression sur les deux poignées du tourne-à-gauche, suffit pour faire mordre et descendre la vrille, grâce à l'ingénieuse disposition de celle-ci, qui ne nécessite aucun effort de poussée. Pour retirer l'échantillon dont est munie la vrille, il n'est guère à conseiller, même aux profondeurs de 3 à 4 mètres, de laisser à un seul homme le soin de l'extraction. Deux sondeurs sont donc nécessaires pour procéder à l'extraction de la vrille et il en est d'ailleurs de même pour la prise d'échantillon et pour le nettoyage de la vrille. Aussitôt

que la nature du terrain exige un peu d'effort, les deux sondeurs travaillent ensemble à la manœuvre du tourne-à-gauche et il est rare qu'ils doivent y consacrer beaucoup de force.

Le *manche mobile* s'emploie dans plusieurs cas, dont voici les principaux :

1° Lorsqu'on travaille à grande profondeur et surtout lorsque de grandes résistances de terrain forcent — quoique ce soit là un cas très exceptionnel — à adjoindre deux auxiliaires aux deux sondeurs. On place alors le manche mobile en croix avec le tourne-à-gauche, de manière à permettre l'action simultanée de quatre hommes. Ajoutons toutefois que c'est surtout au *retrait* de la vrille que cette manœuvre spéciale est le plus particulièrement applicable, ainsi que lorsqu'on est obligé de battre fortement au trépan, soit pour pulvériser un banc dur, soit pour percer un lit de cailloux, etc.

2° Lorsque, engagé dans la manœuvre du fractionnement des tiges, on rencontre des résistances à la descente, causées par le foisonnement de certains limons gras et humides par exemple. Alors, fixant le manche mobile à bonne portée, en un point quelconque du tronçon à enfoncer, on tourne en poussant légèrement et la vrille, en suivant le mouvement du manche, descend en traversant aisément l'obstacle, qui n'est souvent que localisé.

3° Lorsque le relèvement des tiges, dont l'extrémité est déjà hors de portée, est subitement arrêté, soit par le même phénomène de foisonnement, soit par la descente ou le déplacement d'un caillou, etc. Dans ce cas, on serre bien la vis de pression et l'on opère une traction énergique ou bien un mouvement de détour suivant l'occurrence.

4° Lorsque, à grande profondeur et par exemple sous une couche sableuse aquifère, on désire détacher de force un témoin d'argile ou de glaise. Dans ce cas, après avoir fortement engagé la vrille dans cette glaise et lui avoir fait opérer un tour en arrière, avec le tourne-à-gauche, on place *renversé* au-dessous de celui-ci (c'est-à-dire en laissant pendre librement vers le sol tout le système d'écrou et de vis pivotant autour de l'axe *o*) le manche mobile, que l'on dispose en croix avec le tourne-à-gauche, on fait opérer par quatre hommes (les deux sondeurs et deux auxiliaires de rencontre ou de réserve) une traction énergique et l'on parvient ainsi à dégager et à arracher un échantillon qu'il est assez facile, avec un peu d'habitude, de ramener à la surface, ou dont on parvient au moins à constater les traces (1).

(1) Il est possible, lorsqu'on acquiert un peu d'habileté dans le maniement de la sonde, d'effectuer, grâce à certains « trucs », trop longs à détailler ici, de véritables tours

5° Lorsque la vrille est arrivée sur un niveau ferrugineux ou gréseux durci, sur un lit de cailloux roulés, ou sur des roches tendres que la rotation ne suffit pas pour traverser.

Dans ce cas l'emploi du trépan s'impose, et l'on bat en tournant lentement autour du trou de sonde; si l'opération semble devoir se prolonger et nécessiter l'emploi alternatif du trépan et de la vrille pour ramener au jour, par la seconde, les fragments brisés et détachés par le premier, alors, au lieu d'appliquer successivement les deux outils, vrille et trépan, à l'extrémité inférieure de l'assemblage des tiges, commandé par le tourne-à-gauche, on enlève celui-ci avec la tige et l'on visse le trépan d'un côté de l'assemblage et la vrille de l'autre. Le manche mobile fixé tour à tour à l'opposé des outils successivement en action rend ici de grands services et son emploi fait gagner beaucoup de temps.

RÉSULTATS OBTENUS.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les résultats de l'appareil de sondage qui vient d'être décrit nous ont semblé aussi satisfaisants que possible pour les divers buts que nous nous étions proposés; nous allons essayer de donner ci-après une idée assez complète de ces résultats, en commençant par fournir quelques renseignements sur la manière dont l'appareil se comporte dans les diverses natures de terrains à traverser.

de force. Ainsi on peut impunément descendre la vrille à grande profondeur dans un sable très aquifère pour aller chercher un échantillon de glaise sous-jacente, alors même que en détournant constamment après cette opération et en effectuant les tractions les plus énergiques avec un nombre d'hommes considérable, une équipe non exercée ne pourrait parvenir à retirer l'instrument d'une position que beaucoup regarderaient comme critique. Il suffit, pour vaincre à l'aide de deux hommes cette difficulté, de procéder comme suit: Se plaçant l'un en face de l'autre et soit en empoignant directement la tige, soit en s'aidant du tourne-à-gauche, ou du manche mobile, les deux sondeurs, d'une manière rythmique, égale, continue, et sans trop d'effort, font effectuer à la tige une série de petites secousses verticales d'une amplitude d'abord imperceptible mais qui, favorisées par la fluidité des sables aquifères où est engagée la vrille, s'augmentent bientôt et produisent un remontage lent mais continu et assuré de la tige, que tout autre moyen serait impuissant à dégager. Il va de soi que le mouvement doit être calculé de manière à ce que chaque petite secousse de bas en haut soit un peu plus forte que les secousses de haut en bas et, au point de vue physique, le phénomène est facile à expliquer.

En tout cas, le résultat est absolument certain, quelles que soient les craintes que l'on aurait pu avoir de ne pouvoir dégager la vrille.

Action de la sonde dans les divers terrains.

ALLUVIONS MODERNES ET QUATERNAIRES. — Les alluvions modernes et les alluvions quaternaires des vallées forment en général un dépôt à surface plane dans le fond de la vallée, remontant en biseau sur les pentes. Elles sont formées de couches meubles, généralement faciles à percer ; c'est ainsi que lorsque les alluvions ne sont pas noyées dans un niveau d'eau permanent, les strates limoneuses, argileuses, argilo-sableuses, tourbeuses, se percent avec une grande rapidité, que nous avons évaluée à 6 mètres en 20 minutes.

Les alluvions sableuses humides sont, au contraire, difficiles à percer, et si la quantité d'eau est suffisante pour rendre le sable bouillant, elles peuvent être réputées imperçables par les moyens ordinaires. Parfois, vers 3 à 4 mètres de profondeur, la vrille ne mord plus, elle tourne sur place ; parfois, elle pénètre dans la masse semi-fluide qui se referme au-dessus d'elle, ce qui rend le relèvement des tiges impossible par simple traction. Dans ces deux cas, le résultat est fort compromis, car il faut relever l'instrument en détournant la vrille, et celle-ci abandonne alors en route l'échantillon qu'elle avait recueilli. Toutefois dans les cas où le résultat est d'une importance capitale, c'est-à-dire lorsqu'il faut, coûte que coûte, toucher un terrain argileux imperméable sous-jacent aux alluvions bouillantes, si la vrille ne refuse pas d'entrer, le mieux est d'enfoncer d'une traite et vigoureusement l'outil, en tournant, jusqu'aux graviers de la base, de les traverser et de pénétrer dans l'argile ; celle-ci s'engage alors dans les premiers tours de spire de la vrille, s'y comprime, forme bloc et, en détournant avec prudence, on parvient à retirer à peu près intact l'échantillon désiré. Dans la note de la page 170 nous avons fourni l'indication d'un moyen certain de retirer la vrille munie d'un échantillon argileux, de dessous une forte épaisseur de sable aquifère, alors que par la traction simple on n'y pourrait réussir.

LIMONS. — Les limons représentent le véritable type du bon terrain à percer. La facilité de pénétration est d'autant plus grande que le limon est plus friable ; elle diminue en raison de l'augmentation de la proportion d'argile.

Cette pénétration facile des limons, qui, répandus sur les versants des collines et sur les plateaux, sont généralement secs, est une heureuse circonstance ; car, ainsi que nous l'avons vu dans l'Introduction, ces limons forment des nappes d'une très grande étendue, et le but du sondage ne consiste, le plus souvent, qu'à toucher le sous-sol afin d'en reconnaître les caractères.

Dans la Hesbaye, certaines zones du limon gris stratifié sont très plastiques ; elles se conduisent alors comme de véritables argiles.

Le limon le plus aisé à percer est le limon homogène, non stratifié, d'origine éolienne suivant nous, connu sous le nom de limon *hes-bayen*. Dans ce limon, 5 mètres sont forés en 25 à 30 minutes au plus.

Certains limons un peu humides ont une tendance au foisonnement et le trou de sonde tend à se rétrécir. Quelques nettoyages périodiques ou raclages, obtenus en abaissant et retirant successivement la sonde sans tourner, remettent aisément le trou à calibre. C'est là d'ailleurs une précaution qu'il est bon de prendre d'une manière très générale, car elle contribue à l'obtention de bourres bien pures et exemptes d'impuretés latérales provenant des parois du trou de sondage.

SABLES. Les sables se laissent en général percer et rapporter avec la plus grande facilité.

La vrille s'y enfonce souvent sur toute sa hauteur et même les sables meubles remontent au jour sans qu'il s'en perde la moindre partie.

Le travail marche généralement aussi rapidement que dans le limon.

Toutefois, il est des sables présentant parfois, sans qu'on en puisse préciser le motif, de grandes difficultés. Dans certains sables à grain moyen imprégnés d'une certaine dose d'humidité, mais non bouillants, la sonde mord très lentement et il se produit alors un grincement sourd, saccadé ou continu, très particulier.

Dans ce cas, le mieux est d'appuyer autant que possible sur l'instrument pendant qu'on tourne.

Quand les sables sont aquifères et bouillants, les difficultés signalées dans le cas des alluvions sableuses aquifères se représentent.

Ou bien la sonde s'enfonce sans qu'on puisse la retirer directement, ou bien elle refuse absolument de s'enfoncer et tourne sur place.

Quelquefois même, lorsque la sonde est retenue dans le terrain fluide, elle ne remonte pas en détournant.

Nous avons indiqué page 170 le moyen de dégager l'instrument, qui consiste à donner verticalement une suite de petits chocs ; d'abord l'effet produit semble nul, mais bientôt on voit les tiges se relever de quelques millimètres, puis de quelques centimètres à chaque coup. Cette méthode est plus commode que celle qu'ont dû employer en pareil cas certains de nos confrères, qui n'ont trouvé d'autre moyen de dégager leur sonde prisonnière qu'à l'aide d'un cabestan.

ARGILES ET GLAISES. Les argiles et les glaises sont faciles à percer et se rapportent très bien en échantillons, mais le travail n'est pas aussi rapide que dans les sables et les limons.

Alors que dans les limons peu argileux, on peut enfoncer à chaque coup de sonde la vrille de toute sa hauteur, dans les argiles on ne peut guère, en moyenne, pénétrer pratiquement de plus du tiers de cette longueur.

Les sondeurs sentent du reste très bien, d'après la résistance, le moment où il faut s'arrêter et retirer la bourre.

L'argile empâte alors les premiers tours de spire et s'enlève aisément sous forme de deux boudins spiraux.

Dans les argiles humides, le travail marche avec facilité et la vrille peut parfois entrer de la moitié de sa hauteur, mais lorsqu'il s'agit de glaises dures et compactes, l'outil n'entre guère que de quelques centimètres, d'un décimètre au plus. Dans ce cas, le travail est considérablement facilité par l'introduction successive, dans le trou de sonde, de petites quantités d'eau.

Dans les argiles sableuses humides, il se produit souvent, comme dans les limons humides, un foisonnement qui tend à rétrécir le trou ; on procède alors de temps en temps au calibrage comme nous l'avons dit plus haut.

On peut admettre, en moyenné, que dans une argile naturellement humide, le travail marche moitié moins vite que dans le limon.

Une précaution à prendre, qui s'impose particulièrement pour les argiles, consiste à éviter que les ouvriers sondeurs, surtout lorsqu'ils ont affaire à un dépôt tenace ou au sein duquel le mouvement initial de retrait de la vrille exige un effort violent, une traction énergique, n'aient le torse courbé vers la terre lorsqu'ils exécutent cette traction. S'ils ne peuvent se maintenir facilement dans la station droite pour procéder à l'extraction en tirant sur le manche, soit tenu entre leurs mains ou reposant sur leurs épaules, plutôt que de les laisser se courber fortement vers le sol, il faut les faire agenouiller et tirer dans cette position, soit avec les épaules passées sous le manche, soit avec les mains étreignant le tourne-à-gauche. On évitera ainsi des tours de reins et les mouvements musculaires dangereux qui se produisent parfois pendant une traction énergique, au moment où l'échantillon est brusquement détaché de masse argileuse. Avec une vrille dont les ailerons découpants sont bien exécutés, cet inconvénient ne se présente toutefois pas d'une manière sensible.

L'alluvion, les limons, les sables et les argiles sont les dépôts que le sondeur a le plus souvent à traverser ; mais il se présente encore, dans ou entre ces dépôts, des lits ou couches de natures diverses qu'il est indispensable de percer ; de ce nombre sont les lits coquilliers, les cal-

caires tendres, les concrétions ou grès ferrugineux, et surtout les cailloux roulés.

Nous examinerons séparément chacun de ces cas.

LITS COQUILLIERS. — Les lits coquilliers sont formés d'accumulations de fossiles conservés avec le test. En général, ces lits ne présentent pas de grandes difficultés, car les coquilles sont toujours plus ou moins fragiles; quelquefois même, lorsque les espèces ne sont pas de trop grande taille, elles se logent dans les tours de spire sans se briser ni s'écraser.

C'est ainsi que l'un de nous, traversant à une certaine profondeur un banc coquillier de 0^m,15 à 0^m,20 d'épaisseur renfermé dans du Tongrien supérieur ou fluviomarine, a pu reconnaître, dans l'échantillon remonté, la présence de 20 à 25 espèces intactes et déterminables.

Il en est de même des lits à Nummulites de l'Eocène, dont les organismes si caractéristiques se rapportent facilement dans la vrille.

CALCAIRES TENDRES. — Dans les sondages effectués au travers des couches éocènes de sable calcaireux, on rencontre des grès calcaireux qu'il est parfois utile de percer.

Lorsque l'instrument tombe en plein grès, le mieux est de ne pas insister ou de recommencer le sondage à côté; cependant on a quelquefois la chance de tomber sur un bord aminci et alors un battage plus ou moins prolongé au trépan, un arrosage d'eau de temps en temps, permet de briser, puis de broyer l'obstacle et enfin de le traverser.

GRÈS FERRUGINEUX. — Il existe très souvent dans les sables glauconifères altérés, des niveaux minces de sable concrétionné par de l'hydrate ferrique. Au premier abord, ces plaquettes ferrugineuses semblent défier l'effort, mais dans beaucoup de cas, un battage énergique au trépan permet d'en avoir raison.

Dans d'autres cas, où les lits ferrugineux avaient de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, comme cela s'est présenté au Fort de Saint-Héribert, nous nous sommes parfaitement trouvés de l'emploi des explosifs.

Nos essais n'ont eu lieu jusqu'ici qu'avec des cartouches de poudre de bois descendues au fond de trous de sonde, profonds de 5 à 6 mètres, forés eux-mêmes au fond de nos puits d'études, creusés dans d'épais bancs de cailloux; mais ces essais ont très bien réussi. L'explosion s'est produite et a brisé les plaques ferrugineuses sans endommager ni les trous, ni les puits dans lesquels ils étaient forés, et cependant les forages étaient faits dans du sable meuble.

Il n'est pas douteux que des cartouches de dynamite ou de l'explosif Favier par exemple, dont l'action brisante est plus intense et se produit de haut en bas, ne donnent, dans des cas difficiles, d'excellents résultats.

CAILLOUX ROULÉS. — Ce sont les lits de cailloux roulés qui se présentent le plus fréquemment entre les strates de couches meubles et qui viennent en détruire l'homogénéité.

Ces lits de cailloux roulés, constitués le plus souvent, soit par une accumulation de silex roulés, soit par des quartzites, du quartz blanc, des grès, des psammites, etc., également roulés, soit par le mélange de ces deux catégories de cailloux, se rencontrent presque toujours à la base du Quaternaire et sont les plus développés au sommet des plateaux et au fond des vallées.

Les lits de cailloux roulés ont, dans notre pays, de quelques centimètres à 4 ou 5 mètres d'épaisseur; les éléments sont plus ou moins volumineux, plus ou moins serrés et ils reposent d'habitude sur la surface du terrain sous-jacent au Quaternaire et dont on cherche précisément à déterminer la nature.

Nous avons reconnu qu'il n'est pas prudent de s'attaquer, lorsqu'ils sont très développés et dépassent $0^m,30$ à $0^m,40$ d'épaisseur, aux lits de cailloux roulés à éléments de volume moyen (variant du volume d'une noisette à celui d'une noix).

Quant aux amas de cailloux pugilaires, comme le sont ceux des alluvions quaternaires de la Meuse, par exemple, il ne peut être question d'essayer de les percer.

Les lits caillouteux que l'on aura, du reste, le plus souvent occasion de percer dans nos régions, auront généralement une épaisseur comprise entre 10 et 30 centimètres.

Ils se traversent, toujours avec plus ou moins de difficulté, par l'emploi alternatif du trépan et de la vrille.

Lorsque les cailloux ne sont pas volumineux ni trop serrés, la vrille y pénètre généralement; quelques cailloux s'engagent dans la spire et, en tâtonnant un peu, ou en forçant, on peut en retirer un certain nombre à chaque coup. Toutefois, il se présente des cas où l'extrémité de la vrille tourne sur un caillou, maintenu en place par ceux qui l'entourent. Quelques coups de trépan — dont on fait aussi parfois utilement *tourner* la lame au fond du trou de sonde pour produire un certain écartement entre les cailloux — suffisent alors soit pour briser l'obstacle, soit pour le déplacer, et à le mettre dans une position favorable pour qu'il puisse s'introduire dans la spire par le mouvement de rotation.

Quand les cailloux sont engagés dans du sable, dans de l'argile ou dans du limon, on peut se hasarder à percer des épaisseurs plus grandes ; les cailloux n'étant pas pressés les uns contre les autres, ils entrent dans la vrille ou bien ils sont déplacés et écartés ou refoulés dans la paroi.

Certains de nos forages, exécutés dans ces conditions, ont fait ramener au jour, après percement du banc de cailloux, jusqu'à une quarantaine de cailloux, représentés par des silex arrondis de 2 et même 3 centimètres de diamètre.

Les cas de lits de cailloux imperçables — relativement au temps dont on dispose — se présentent toutefois de temps en temps, et alors, la simple constatation de leur existence à une profondeur déterminée constitue souvent pour le géologue un renseignement qui n'est pas à dédaigner.

Cette profondeur fournit en effet approximativement l'épaisseur du Quaternaire, ce qui, dans les terrains horizontaux ou peu inclinés, permet souvent de faire d'utiles déductions.

Enfin, les sables remaniés vers la base du Quaternaire proviennent presque toujours de la dénudation des couches sableuses existant en place immédiatement sous le Quaternaire ; on possède donc encore, de cette manière, un excellent indice au sujet de la constitution du sous-sol.

On ne saurait trop recommander aux ouvriers sondeurs, lorsqu'ils ont à approfondir un sondage au-dessous d'un premier niveau de cailloux — par exemple sous celui qui existe à la base du limon quaternaire — *de bien dégager*, par raclages et coups de sonde répétés à la même hauteur sans accentuer la descente, *les parois du trou de sondage au niveau de ces cailloux*. L'oubli de cette précaution amène bien souvent des contrariétés dans l'approfondissement du sondage, soit parce que, ébranlés par le passage ultérieur répété de la vrille, des cailloux se détachent des parois et tombent à grande profondeur dans le forage, soit parce que d'épaisses bourres, en remontant, heurtent les cailloux restants, qui se déplacent et opposent parfois de sérieuses difficultés au remontage de la vrille.

ROCHES DURES. Quant aux roches dures, comme celles des terrains primaires, nous ne cherchons pas à les percer avec nos instruments ; il suffit presque toujours de les atteindre et de constater la profondeur à laquelle elles se trouvent.

Du reste, les roches dures, en général, sont presque toujours recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de terrain détritique ou

d'altération, assez bien caractérisée, renfermant, à l'état plus ou moins altéré, des fragments ou des résidus de la roche sous-jacente.

C'est de cette manière que l'on reconnaît les grès, les quartzites, les calcaires, les dolomies, sans qu'il soit nécessaire de les entamer.

La surface des calcaires est très généralement recouverte d'une argile jaune ou rouge de décomposition, bien reconnaissable et formant le résidu de l'attaque de la roche par les facteurs météoriques : eaux d'infiltration, etc. Les dolomies sont parfois recouvertes d'un manteau d'une sorte de sable foncé, d'aspect particulier, très reconnaissable.

Quant aux schistes, ils se décomposent souvent sur place, et ce détritique spécial forme, à la surface des parties moins altérées, un revêtement d'argile sèche et cassante, peu plastique, dans laquelle la sonde pénètre assez facilement jusqu'à ce qu'elle morde dans des parties peu altérées, ayant conservé la structure schisteuse bien reconnaissable.

Dans ces divers cas, l'expérience et la pratique du géologue viennent largement en aide comme élément d'appréciation ou de déduction.

Maintenant que nous avons étudié l'action de la sonde dans les divers terrains qu'elle peut rencontrer, examinons les résultats scientifiques qu'on peut en attendre dans les levés géologiques détaillés.

Emploi de la sonde dans les levés géologiques détaillés.

Une carte géologique, lorsqu'elle n'est pas murale, doit être *détaillée*. Les cartes murales servent à l'*enseignement* de la géologie ; les cartes détaillées ont un but absolument différent ; elles sont avant tout *utilitaires*, c'est-à-dire que, grâce à un canevas scientifique très étudié, très précis et toujours susceptible de contrôle immédiat, tous ceux qui s'occupent d'études ou de travaux où le sol ou le sous-sol entrent en jeu, y trouvent les principaux renseignements qui leur sont nécessaires pour leurs projets, leurs recherches ou leurs industries.

A ce point de vue, quelque grande que soit son échelle, une carte géologique ne sera *détaillée* et ne remplira son but utilitaire que si tous les éléments du sol et du sous-sol y sont clairement indiqués en position et en grandeur réelles et proportionnelles ; cette carte devra être en un mot la représentation fidèle de la nature.

Une carte géologique détaillée sera donc celle qui fournira d'abord LES FAITS avec le plus de netteté et de précision possible, tout en donnant ensuite, en traits moins accentués, les déductions scientifiques et les limites, toujours plus ou moins hypothétiques, des terrains.

De même qu'on ne peut dresser une carte *géologique détaillée utilitaire* sans exécuter un levé aussi soigné qu'il est pratique et possible de le faire, de même une carte géologique n'acquerra la plus grande somme de précision et de valeur scientifique que par le fait même qu'elle est établie de manière à être en même temps une carte utilitaire.

Les intérêts matériels, de même que la science pure, demandent avant tout un maximum de connaissance des faits, ainsi que de précision ; il en résulte que toute carte renfermant clairement les faits, avec leur interprétation scientifique — c'est-à-dire toute carte détaillée — aura forcément à la fois une portée scientifique et économique considérable.

Les industriels, les ingénieurs, les entrepreneurs de travaux publics ne peuvent donc assez réclamer, lorsqu'il est question de cartes géologiques, le plus grand nombre possible de détails ; car ces cartes, destinées à être examinées de près, étudiées, épluchées, si nous pouvons nous exprimer ainsi, doivent — sous peine de tomber immédiatement dans le discrédit — être à la fois exactes, précises et établies de manière à permettre de distinguer nettement les faits de l'hypothèse.

Le meilleur procédé qui — à notre avis — a été trouvé jusqu'ici pour représenter à la fois le sol, les affleurements du sous-sol (tant naturels qu'artificiels) et les limites des terrains, avec la notion de leur épaisseur au moyen de figurés spéciaux des coupes et des sondages, est celui imaginé par M. Ed. Dupont, Directeur du Musée Royal d'Histoire naturelle de Bruxelles et du Service de la Carte, procédé appliqué aux seize feuilles parues de la Carte géologique détaillée de la Belgique à l'échelle de 1/20.000, ainsi qu'aux autres, très nombreuses, qui se trouvaient à des degrés divers d'élaboration ou d'achèvement lorsque les travaux du Service ont été interrompus.

Or, pour la Basse et la Moyenne Belgique — et même pour certaines régions de la Haute-Belgique, ainsi que nous l'avons reconnu depuis nos travaux de reconnaissance géologique aux Forts de la Meuse — la réalisation de l'idée de M. Dupont ne pouvait s'effectuer sans les sondages tels qu'ils ont été pratiqués par nous et, avant nous déjà, par MM. van Ertborn et Cogels pour leurs levés dans la Basse-Belgique.

Il existe en effet dans notre pays, de vastes étendues de terrain plat ou peu ondulé recouvertes par un manteau épais, soit de limon, soit d'alluvions quaternaires et dont la continuité empêche d'une manière presque absolue la formation des affleurements naturels, ainsi que la recherche des matériaux utiles. Ces régions sont donc à peu près dépourvues de sablières, de marnières, etc.; d'autre part, les puits domestiques sont creusés depuis longtemps et l'on n'en fait plus guère de nouveaux, de sorte que l'on se voit presque absolument dépourvu de

renseignements sur le sous-sol, alors que, grâce aux transgressions et à l'inclinaison des couches de la série géologique, ce sous-sol offre une constitution assez compliquée.

EXEMPLE FOURNI PAR LA RÉGION DE MONTENAËKEN. — Nous pourrions citer de nombreux exemples du cas signalé ci-dessus ; mais, pour ne pas nous étendre trop longuement, et pour mieux fixer les idées, nous avons pris comme modèle ce qu'a produit le levé géologique détaillé de la feuille de Montenaeken, exécuté par nous et non publié jusqu'ici.

A cet effet, reportons-nous à la planche II qui accompagne ce travail et qui résume les résultats de nos premiers levés dans la grande région plane de l'est de la Hesbaye.

Nous y voyons d'abord (fig. 1), un agrandissement au 1/100.000 de la *carte du sol* au 1/160.000 de Dumont.

Cette carte montre que le sol de presque toute la feuille est couvert de limon quaternaire, dont des amincissements ou des coupes locales font apparaître une huitaine au plus de petits affleurements connus de Dumont et dont le figuré est du reste considérablement exagéré sur sa carte.

Ces affleurements ont uniquement rapport au terrain tongrien inférieur.

La fig. 2 nous montre l'agrandissement au 1/100.000 de la partie correspondante à la feuille de Montenaeken de la *Carte du sous-sol* au 1/160.000 de Dumont.

L'illustre géologue a tracé, au moyen des rares affleurements tongriens qu'il connaissait, les limites du Tongrien, *telles qu'il les croyait disposées* ; et il a rempli la région restante par la couleur du Landenien.

C'est du reste à peu près tout ce que l'on peut conclure d'un cheminement assez serré effectué dans le pays ; nous disons « à peu près » car, dans nos courses de levé, nous avons pu noter, grâce à quelques ravins ou à quelques exploitations nouvelles, un certain nombre d'affleurements artificiels en plus, montant des pointements de Tongrien, de Landenien inférieur et même de la Craie blanche.

C'est à peine si ces quelques affleurements nouveaux nous eussent permis de modifier légèrement les limites tracées par Dumont ; ou bien nous aurions pu également modifier ces limites à notre guise, *d'après nos croyances personnelles*, sans pour cela que ces limites fussent moins hypothétiques que celles de Dumont.

Or, comment sortir du domaine de l'hypothèse pure et arriver à des limites ayant quelque chance de concorder avec celles réellement

existantes ; limites complètement cachées sous un manteau de 10 à 20 mètres de limon, dans lequel sont creusés, sans presque jamais le percer, tous les reliefs du sol ? *Il n'existe qu'un seul moyen d'arriver à ce but.* C'est d'effectuer des SONDAGES !

La figure 3 montre, réduit du 1/20.000 au 1/100.000 une sorte de diagramme de notre travail personnel de levé, exécuté de cette manière.

Les petits ovales jaunes représentent les affleurements du sous-sol observés (quel que soit le terrain rencontré) ; les cercles bleus représentent les emplacements où des sondages ont été effectués par nous ; enfin de petites croix noires indiquent les emplacements pour lesquels nous possédons des renseignements précis, provenant de travaux et principalement du creusement de puits domestiques ou artésiens effectués sans notre intervention.

Or, grâce à ce réseau serré d'observations, comprenant 53 petits affleurements, localisés dans certaines parties de la feuille, 38 renseignements de puits etc., et 142 sondages effectués par nous-mêmes, nous sommes parvenus au figuré des limites du sous-sol au 1/20.000, qui est représenté par la fig. 4, réduit à l'échelle du 1/100.000.

Comparons les fig. 2 et 4, représentant d'une part le tracé hypothétique des limites, après un cheminement superficiel exécuté par un géologue d'élite, observateur remarquable, et d'autre part le même tracé établi au moyen d'un *levé détaillé exécuté avec l'aide des sondages à main* et nous apprécierons immédiatement la différence !

Sans les sondages, *tout un étage*, le Heersien, échappait à l'observation, sans compter que le reste des limites n'aurait été que de l'*hypothèse pure*.

Si les travaux de la Carte géologique au 1/20.000 n'avaient pas été suspendus en 1885, au moment même où ces résultats et plusieurs autres du même genre étaient acquis pour bien des régions de la Belgique, la géologie de notre pays serait actuellement en possession d'un faisceau considérable de données nouvelles, non moins importantes ni intéressantes, car ces *levés détaillés avec sondages* font connaître non seulement le sol et le sous-sol au point de vue précis et utilitaire, mais ils mettent en lumière des lambeaux, des extensions, des biseaux de terrains, cachés à tous les regards sous les ténèbres du manteau limoneux quaternaire : lambeaux, extensions et biseaux qui nous permettent de reconstituer patiemment les véritables limites et les caractères physiques et géographiques des anciens bassins ; c'est-à-dire *d'arriver au but final le plus expressif, le plus scientifique et le plus élevé des études géologiques.*

Bien que les autres feuilles de la carte géologique détaillée du 1/20.000 qui ont paru et qui ont rapport à des territoires de la Moyenne Belgique, soient ce que l'on peut appeler « *des feuilles à affleurements* » il n'en est pas moins vrai que chacune de ces feuilles — comprenant 8000 hectares — pour en arriver au degré d'élaboration désirable qui en fait des *Cartes détaillées* et par conséquent à *caractère précis et utilitaire*, a exigé de nombreux sondages ; il n'a pas fallu moins de 115 sondages pour suppléer aux observations directes faites sur la feuille de Saint-Trond, 113 sondages pour la feuille de Heers, 133 sondages pour la feuille de Landen, 205 sondages pour la feuille de Bruxelles et enfin 492 sondages pour la feuille de Bilsen.

Comme conclusion, nous pouvons donc affirmer que, dans notre pays, on ne peut faire de levé géologique détaillé, ni de tracé de limites précis sans l'exécution d'un grand nombre de sondages.

La sonde appliquée aux travaux publics, à l'hydrologie et à l'industrie.

Nous n'avons pas à démontrer ici l'utilité des sondages au point de vue de l'industrie, de l'hydrologie et des travaux publics ; depuis longtemps les sondages sont utilisés assez largement dans certaines industries et par certains constructeurs ; mais, à notre avis — faute sans doute d'un appareil vraiment pratique, peu coûteux, portatif, simple, commode et peu encombrant — l'emploi des sondages est loin d'avoir pris toute l'extension qu'il y a lieu de lui donner, et l'utilité des sondages, bien que universellement reconnue, n'a pas encore fait entrer la sonde dans la pratique courante et journalière de l'Ingénieur constructeur.

Les modèles de sondes que nous avons vu employer jusqu'ici ne nous paraissent en effet guère engageants au point de vue pratique ; beaucoup de ces appareils sont lourds et grossiers, travaillent lentement ou recueillent les échantillons d'une manière confuse. Enfin, il faut bien le dire, les connaissances géologiques indispensables pour tirer le plus complètement parti des résultats des sondages font souvent défaut, à cause de l'enseignement beaucoup trop théorique de la géologie dans notre pays.

Faute de connaître les véritables allures, les relations des couches, le sondeur se trouve souvent dans l'alternative ou de ne pas bien saisir l'allure des terrains et les distinctions à y faire entre deux sondages consécutifs assez éloignés, ou bien de multiplier, sans véritable utilité, le nombre de ceux-ci pour suivre pas à pas les allures inconnues.

Dans le premier cas, le fruit du travail est à peu près perdu ; dans le second, la dépense fait reculer devant l'exécution du travail.

EMPLOI DE LA SONDE DANS L'ART DE L'INGÉNIEUR. — A notre avis, les sondages utilitaires n'entreront dans la pratique courante et ne s'imposeront, comme ils se sont imposés pour le levé détaillé des Cartes géologiques, que lorsque l'Ingénieur aura en main un appareil commode, simple et rapide, dont l'emploi est peu coûteux, de manière à ne pas le rebuter par la perspective de l'exécution d'un grand nombre de sondages ; enfin, le maximum d'effet utile sera atteint lorsque celui qui emploiera la sonde possédera assez de notions de géologie pratique pour réduire, dans chaque cas particulier, le nombre de sondages à un minimum, alors que l'on fera au contraire appel aux sondages dans le maximum des cas où leur intervention sera nécessaire.

Or, nous croyons avoir résolu le premier de ces *desiderata* en faisant connaître à l'Ingénieur constructeur l'appareil simple et pratique qui lui est nécessaire et qui lui permettra d'effectuer, à peu de frais, un très grand nombre de sondages dont le rapprochement pourra suppléer momentanément aux notions de géologie pratique qui peuvent lui faire défaut.

De plus, nous croyons que l'emploi plus fréquent et plus général des sondages donnera, à ceux qui en font usage, le goût des connaissances géologiques, ce qui engagera peut-être le Gouvernement à donner aux cours de géologie des Universités et des Écoles spéciales une tournure moins aride, moins théorique, nous dirons même moins rebutante.

On pourrait voir un certain indice du désir du Gouvernement d'entrer dans cette voie si rationnelle par le fait de l'étude géologique et hydrologique qu'il a prescrite préalablement à la construction des Forts de la Meuse, travail dont nous avons eu l'honneur d'être chargés.

Cette reconnaissance géologique est assurément le premier travail important de ce genre qui ait été fait dans notre pays, ayant pour but l'application, sur une grande échelle, des sondages rapides à main, à une grande œuvre d'intérêt public.

Nous croyons, et cette croyance est sans doute partagée par ceux qui ont pu avoir connaissance des résultats du travail, que l'on a agi sagement en se décidant à un essai véritablement pratique et décisif des nouvelles méthodes rapides d'exploration du sol et du sous-sol.

La construction des Forts de la Meuse entraînant déjà par elle-même une dépense suffisamment importante, on comprend que l'on a essayé, par les moyens les plus efficaces d'exploration, de supprimer l'imprévu dans la plus large mesure.

La question se présentait en effet dans des conditions assez scabreuses.

Il s'agissait d'édifier en un minimum de temps sur des points généralement déserts et par conséquent en sol inconnu, à des emplacements à peu près immuables à cause des nécessités stratégiques, des édifices considérables, très lourds et réclamant une stabilité à toute épreuve. Certains d'entre eux se trouvaient en pleine région minière, c'est-à-dire à sous-sol fouillé; d'autres sur des hauteurs totalement privées d'eau.

Dans ces conditions toutes spéciales, la prudence exigeait que des études sérieuses fussent faites avant l'adoption des plans définitifs, car, ceux-ci étant mis à exécution, il était de la plus haute importance de pouvoir édifier rapidement et avec sécurité. Il fallait donc avoir tous ses apaisements sur la nature du sol sur lequel les fondations allaient s'appuyer, pour éviter des imprévus forçant à modifier les plans en cours d'exécution des travaux et d'entraîner ainsi à des mécomptes et à des dépenses supplémentaires. Il fallait aussi alimenter, non seulement les forts mais encore leurs chantiers de constructions, de quantités d'eau répondant aux énormes besoins d'entreprises de bétonnage considérables.

Nous avons l'espoir que le travail fourni à la suite de nos études aura été utile et aura contribué à réduire, autant qu'il était possible, les sommes que le pays a décidé de consacrer à la défense nationale.

Nous avons d'autant plus confiance d'avoir contribué dans une certaine mesure à ce résultat, que, presque partout, nous avons trouvé le terrain beaucoup plus compliqué qu'on aurait pu le prévoir, que le roc primaire dans lequel on croyait creuser les fossés et asseoir les fondations à faible profondeur, s'est dérobé et s'est trouvé recouvert de couches meubles offrant souvent des inconvénients sérieux, rarement des avantages très profitables et dont la connaissance préalable était appelée à simplifier beaucoup les recherches et les travaux des ingénieurs militaires.

Nous pouvons affirmer que sur les 476 sondages, représentant 2583^m,73 de terrain percés au moyen de notre sonde à main, il n'en est pas un seul qui n'ait été indispensable (1) et que ce nombre, déjà élevé, représente un minimum, parce que les résultats étaient interprétés scientifiquement et donnaient toutes leurs conséquences.

Il serait grandement désirable qu'à l'avenir, plus un seul grand travail public : construction d'édifices, de tranchées de chemins de fer, de tunnel, de route, de canal ne soit mis à exécution sans que la reconnaissance géologique du terrain par sondages ne soit effectuée

(1) Nous avons creusé en outre 261 puits représentant 640 mètres de profondeur totale.

par des spécialistes; car c'est le seul moyen d'éviter les mécomptes et les imprévus qui, souvent, absorbent le plus clair du bénéfice des grandes entreprises.

RECHERCHES HYDROLOGIQUES A L'AIDE DE LA SONDE. — Un usage encore à peu près inconnu de la sonde à main, est celui qui trouve son application aux reconnaissances hydrologiques et principalement à la recherche et à la captation des eaux potables d'alimentation.

Cette question d'alimentation en eau potable des villes et des communes devient l'objet des préoccupations générales.

La civilisation et l'hygiène publique exigent de grandes quantités d'eau saines, et soumises le moins possible à la contamination.

Or, pour la partie moyenne et basse de notre pays, la solution des problèmes locaux gît presque toujours dans le sol même qui s'étend aux alentours des communes à alimenter.

Jusqu'ici, on ne s'est servi, pour dresser les cartes hydrologiques, c'est-à-dire les cartes de la nappe souterraine, que des données fournies par les sources et par les puits domestiques.

Or, ces données n'ont pas toujours la rigueur scientifique désirable; diverses circonstances peuvent amener des résultats en apparence inconciliables et la vraie solution réside toujours dans la connaissance approfondie des couches constituant le sol et le sous-sol des reliefs du terrain et principalement des collines.

Ce qu'il faut connaître avec exactitude, pour relier d'une manière rationnelle les résultats du mesurage des puits et du pointage des sources, c'est la série des superpositions des couches perméables et imperméables, leur épaisseur, leur allure, leur pente, leur superficie, afin d'en déduire la surface et l'épaisseur filtrante, le degré d'absorption à l'hectare, le rendement en eau pure et les conditions de continuité du débit.

La plupart des données principales de cet important problème devaient être nettement tracées sur la Carte géologique détaillée à l'échelle du 1/20.000, où les limites des terrains perméables et imperméables étaient figurées, ainsi que l'épaisseur des couches, au moyen du figuré de nos sondages de levé et des coupes réglementaires; mais actuellement que l'exécution de cette grande œuvre d'utilité publique a été suspendue, force sera bien aux hydrologues d'effectuer le travail que le Service de la carte comptait faire à leur intention et qu'aucune autre carte non détaillée ne peut remplacer, parce qu'elle ne donne

que des limites hypothétiques, sans aucune notion de l'épaisseur des couches ni de leurs subdivisions dans le sens pratique.

Aux hydrologues, aux industriels, aux ingénieurs, de reprendre de nos mains la sonde qui devait leur fournir si aisément tous les renseignements désirables en tous points du pays ; à chacun d'eux d'établir, pour chaque cas particulier, la constitution du sol et du sous-sol et les superpositions qui s'y rencontrent, et ce travail ne peut être fait économiquement que par des sondages pareils à ceux dont nous étions occupés à couvrir notre territoire dans la Moyenne et dans la Basse-Belgique (1).

A l'aide de nombreux sondages en escalier, pratiqués le long des versants des collines, l'on parviendra sans grande peine ni grande dépense à reconnaître les couches, leur nature, leurs contacts ; alors s'éclaireront d'un jour nouveau les questions de sources et de niveaux aquifères ; alors découleront, nettement établis, les projets sérieux, les tracés de galeries au niveau voulu, les débits assurés, les eaux filtrées et saines qui font la préoccupation constante des administrations communales des localités populeuses.

CHOIX DES POINTS DE SONDAGE.

Plus l'expérience que nous avons acquise au bout de huit ans de travaux s'est accrue, plus nous avons pu nous convaincre que le choix des points de sondage, aussi bien au point de vue scientifique qu'utilitaire, n'est nullement indifférent.

Il faut en arriver à ce que tout sondage — à moins qu'il ne s'agisse de contrées tout à fait inconnues — ait un but bien défini et pour ainsi dire, pressenti ; il faut aussi qu'en commençant un sondage, on réunisse le plus de chances de réussite.

Même relativement rapides comme ils le sont actuellement, les sondages ne peuvent avoir leur emplacement désigné au hasard ; il faut toujours au contraire que cet emplacement soit choisi avec l'idée d'obtenir un maximum de résultats avec un minimum de profondeur et par conséquent de temps et de peines.

Au point de vue scientifique des recherches géologiques et des levés

(1) Non seulement les sondages effectués avec la sonde à main font connaître mathématiquement la nature et l'épaisseur des couches, mais ils fournissent également la profondeur réelle de la nappe aquifère superficielle et ils peuvent ainsi procurer des données précieuses dans les régions peu habitées où les puits domestiques sont rares, ou en quantité insuffisante pour permettre un nivellement convenable de cette nappe, si souvent utilisée.

détaillés de cartes à grande échelle, ce principe doit surtout être observé, à cause de la grande multiplicité des sondages *utiles* à effectuer.

Voici quelques règles pouvant servir de guide à cet égard.

Dans la grande majorité des cas, le but d'un sondage, dans notre pays, consiste à savoir ce qui se trouve sous les dépôts quaternaires ou modernes et à connaître, par la même occasion, l'épaisseur exacte de ces dépôts au point choisi.

Or, percer du limon quaternaire, par exemple, est facile, mais cela prend du temps.

Il ne faut donc pas placer les points de sondage là où l'on présume que le Quaternaire sera épais ; il faudra au contraire choisir les emplacements aux points les plus favorables, c'est-à-dire aux points où, théoriquement ou pratiquement, l'on prévoit que l'on aura un minimum de dépôts recouvrants à traverser.

Or, à ce point de vue, la Moyenne et la Basse-Belgique peuvent se diviser en deux parties : l'une occidentale, où le terrain est très ondulé, très découpé — sauf dans les plaines de la Flandre occidentale — et où les couches quaternaires et modernes n'ont guère d'épaisseurs dépassant 5 à 6 mètres ; l'autre, orientale et constituée par la Hesbaye, où le sol est moins accidenté, moins ondulé et où les dépôts limoneux quaternaires présentent des épaisseurs de 6 à 20 mètres.

RÈGLES A SUIVRE DANS LA RÉGION OCCIDENTALE DES COLLINES ET DES PLAINES BELGES A SOL ONDULÉ. — Dans la région occidentale — dont les environs de Bruxelles constituent un exemple très bien caractérisé — le sol, ondulé, très découpé, est recouvert de dépôts quaternaires ou modernes d'épaisseur moyenne, et il y a lieu d'y considérer trois cas : sondages à effectuer 1° sur les sommets, 2° sur les versants des collines, 3° au fond des vallées.

SONDAGES SUR LE SOMMET DES COLLINES. — Généralement, dans nos régions, les sommets les plus élevés sont couverts d'un lit plus ou moins épais de cailloux roulés du Quaternaire ancien, difficile à percer.

Pour connaître ce qui existe au-dessous, il n'est point indispensable de chercher à percer ces cailloux au sommet même du monticule, où le dépôt caillouteux présente généralement *son maximum d'épaisseur* ; il est préférable de se placer un peu excentriquement vers le point où le versant prend sa pente, surtout du côté tourné vers le Sud-Ouest.

Ce point, et, en général, toute la pente tournée vers l'Ouest sera toujours beaucoup plus favorable que toute autre situation, parce que les flancs Ouest des collines étant, à chaque orage ou pluie torrentielle,

frappés par les eaux météoriques venant de l'Ouest, les couches superficielles sont délayées par la force de projection de la pluie, puis les éléments mis en suspension sont entraînés rapidement vers les bas-fonds par les eaux ruisselantes.

Très souvent même, vers le sommet des versants Ouest, les sondages sont inutiles, car c'est là que se forment les lignes d'affleurements naturels du sous-sol ; mais, si les pluies d'orage n'ont pas eu raison de la totalité des dépôts recouvrants : cailloux, sables ou limons, un sondage de profondeur minime permettra de percer rapidement le peu de limon et de cailloux roulés restants.

SONDAGES SUR LES FLANCS DES COLLINES ET DES VALLÉES. — Puisque l'on aura presque partout affaire à des couches à peu près horizontales de l'Est à l'Ouest et un peu inclinées du S. S. E. vers le N. N. O., il est assez indifférent, au point de vue du résultat, d'effectuer le sondage sur le flanc Est ou sur le flanc Ouest ; mais, en raison de ce que nous venons de dire au sujet de la dénudation considérable des flancs Ouest, il est évident que, *pour toute recherche de constitution géologique de colline dans la région occidentale, c'est le long du flanc ou du versant Ouest qu'il faudra répartir les sondages.*

Dans la même région, un problème stratigraphique qui se présente assez souvent est la recherche des graviers de base des étages. Ici encore, les notions générales de géologie viennent guider le sondeur, et non seulement celui-ci exécutera des sondages le long du flanc Ouest, mais, grâce à la connaissance approximative des épaisseurs des couches superposées, il se placera à bonne portée et à bonne altitude pour atteindre le gravier sous des épaisseurs minima de Quaternaire et du terrain dont le gravier cherché constitue la base.

Dans le même ordre d'idées, citons les chemins creux qui parcourent d'habitude les versants des collines ; si la profondeur des talus n'est pas suffisante pour que la base du Quaternaire soit mise à découvert, il y aura naturellement lieu de se servir du creux artificiel ainsi formé pour atteindre les couches sous-jacentes sous un minimum d'épaisseur de limon. On connaîtra l'épaisseur totale du Quaternaire en ajoutant la hauteur du talus à celle constatée par la sonde.

SONDAGE AU FOND DES VALLÉES. — Toujours dans la région occidentale, les sondages dans le fond des vallées ne sont guère à recommander ; non seulement les dépôts descendus des pentes ou entraînés par les cours d'eaux y sont accumulés, mais encore ces dépôts sont souvent imprégnés d'eau, ce qui rend toujours les sondages longs et difficiles.

De toutes façons, il est presque inutile de commencer des sondages vers le milieu ou près du thalweg des vallées, des fleuves et des rivières; là, les alluvions sont formées de dépôts épais argileux et sableux totalement imprégnés d'eau, dans lesquels la sonde sera bientôt embourbée sans résultat.

Dans le fond des vallées, on ne peut espérer de réussite que vers les bords relevés, au bas des escarpements ou des pentes et principalement de celles tournées vers l'Ouest; là les biseaux alluviaux s'amincissent et ne sont plus noyés dans la nappe aquifère, comme c'est le cas pour les bas-niveaux voisins du cours d'eau.

SONDAGES DANS LES PLAINES HORIZONTALES DE LA FLANDRE ET DE LA CAMPINE. — Pour ce qui concerne plus spécialement la partie plane de la Flandre occidentale, le Quaternaire (épais de 1 à 5 mètres) n'a jamais — en dehors des approches immédiates des rivières — un développement suffisant pour empêcher la réussite d'un sondage quelconque destiné à atteindre le sous-sol; toutefois, un certain flair, dépendant de la connaissance du pays et de la répartition générale des couches superficielles, permet encore d'obtenir des résultats avec un minimum de travail.

C'est dans la région à sol presque exclusivement sableux, et généralement très aquifère, de la Campine anversoise et limbourgeoise que les sondages sont les plus ingrats et les plus difficiles à effectuer et que la résistance au percement du manteau superficiel est la plus grande.

Nous avons toutefois déjà commencé l'étude d'un dispositif spécial, avec adjonction de tubes, que la suspension des travaux de la Carte géologique détaillée ne nous a pas permis de perfectionner à notre entière satisfaction, mais à l'aide duquel nous eussions certainement pu vaincre ces difficultés régionales.

RÈGLES A SUIVRE DANS LA RÉGION ORIENTALE DES COLLINES ET DES PLAINES BELGES A SOL ONDULÉ. — La région orientale de la Moyenne-Belgique, c'est-à-dire la Hesbaye, bien que semblable à première vue au Brabant, se présente, au point de vue des sondages, dans des conditions toutes différentes.

Ici, le relief est beaucoup moins accentué et les limons quaternaires ont pris une telle extension et une telle épaisseur que *ces reliefs sont presque totalement creusés dans le recouvrement limoneux.*

La surface des terrains de la série géologique est à peu près plane et se tient presque constamment en dessous du fond des vallées et des ondulations du sol.

Dans ce cas, sonder au sommet des collines, c'est donc chercher à

traverser toute l'épaisseur de la couche limoneuse, qui est d'environ 15 à 20 mètres, tandis que *sonder au fond de toutes les dépressions, de toutes les excavations*, c'est se mettre dans les conditions les plus favorables pour atteindre dans le moins de temps, et aux moindres profondeurs possibles, les terrains sous-jacents.

C'est ce principe que nous avons suivi pour le levé détaillé par sondages de la feuille de Montenaeken ; la figure n° 3 de la pl. II — où les affleurements et les emplacements des sondages sont indiqués — bien que totalement dépourvue de topographie et de figuré du relief du sol, montre pour ainsi dire, par les points bleus et jaunes, le réseau des principales dépressions.

Sur les feuilles de Bruxelles, de Bilsen, de Heers, Saint-Trond et Landen, on verra au contraire que les sondages à main ont surtout été distribués vers le sommet et à mi-côte des versants tournés vers l'Ouest.

Nous ne nous appesantirons pas plus longuement sur ce sujet, dont l'importance et l'utilité ne demandent pas de longs développements pour être comprises et admises.

Nous ajouterons seulement qu'il en est des sondages utilitaires comme des sondages scientifiques.

En règle générale, lorsqu'on cherchera des matériaux utiles, ou lorsqu'on fera des levés d'hydrologie, il sera convenable de se placer toujours à bonne portée théorique du résultat à atteindre ; il n'y a que dans les cas de sondages d'exploration du sous-sol, où certains points et certaines profondeurs sont imposés d'avance, que les considérations que nous venons d'exposer ne trouveront pas leur application.

RÉSEAUX GÉOMÉTRIQUES DE SONDAGES. — Ce que nous venons de dire au sujet du choix judicieux des points de sondage, surtout lorsqu'il est question de levés géologiques détaillés, nous oblige à nous élever contre le procédé préconisé par MM. van Ertborn et Cogels et employé par eux pour le levé géologique de feuilles des environs d'Anvers et de Malines.

Cette méthode consiste à diviser le territoire par des méridiens et par des parallèles régulièrement espacés, aux intersections desquels un sondage était fait.

Ce procédé, qui abandonne l'élaboration et la réussite du travail au simple hasard, qui ne permet pas de serrer de près une limite, sans une quantité de travaux supplémentaires ni de profiter directement des points favorables, ne peut être employé que lorsqu'on veut aboutir à une simple esquisse de carte géologique et uniquement laisser à des

auxiliaires le soin de pratiquer les sondages et de prendre les annotations.

On indique alors sur une carte les points désignés par le carrelage et l'on envoie les équipes sonder.

Jamais un géologue parcourant lui-même le terrain n'opérera de cette manière; et les résultats peu avantageux que les auteurs précités ont retirés de la méthode qu'ils avaient préconisée ne sont pas faits, croyons-nous, pour les engager à persévérer dans cette voie.

L'établissement, dans une région peu connue ou fortement couverte de limon, d'un réseau de sondages exécutés avant ou après celui des courses de levé, n'est admissible que lorsqu'on a en vue de dresser une ou plusieurs coupes géologiques ou des diagrammes de terrain.

Dans ce cas, on fait exécuter *aux points d'intersection* des coupes, les sondages profonds nécessaires pour fournir en ces points importants la connaissance assurée du sous-sol; et alors une étude préalable judicieuse, combinant ce que le géologue sait d'avance des conditions géologiques générales de la contrée qu'il veut étudier, avec les données topographiques, faciles à obtenir par le simple examen de la carte, lui permettra aisément d'établir d'avance et avec précision un certain nombre de points favorables pour les forages de son réseau préalable. On s'inspirera surtout des considérations fournies dans le présent chapitre et, de cette manière, les coupes géologiques générales ou les diagrammes que le géologue a en vue d'établir, acquerront un degré d'exactitude et de précision que nul autre mode opératoire ne parviendrait à leur donner.

De pareils réseaux demandent d'ailleurs à être complétés par l'adjonction d'une nouvelle série de sondages profonds judicieusement choisis après ou pendant l'obtention des résultats des sondages du levé.

Les coupes diagrammatiques, longitudinales et transversales, qui accompagnaient les feuilles de la Carte géologique du Service, au 1/20.000, étaient construites de cette manière et elles devaient, par leur jonction, former un superbe réseau de coupes équidistantes, découpant, du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest, toute la Belgique en une série de tranches dévoilant partout avec détail et précision la constitution géologique de notre pays. De telles coupes ne pouvaient être sérieusement obtenues dans la Basse et dans la Moyenne Belgique que par l'emploi judicieux et constant de la sonde à main, ce sixième sens du géologue qui lui permet de pousser vite et bien ses investigations au sein des mystères de la structure de l'écorce terrestre.

CONCLUSIONS

Nous nous croyons arrivés au bout de la tâche que nous avons entreprise et qui consistait à faire connaître, dans ses principaux détails, l'appareil de sondage à main que les nécessités de nos travaux nous ont pour ainsi dire forcés à imaginer et à perfectionner sans cesse. Nous en avons également fait connaître le maniement et les résultats de toute nature, ainsi que les applications si diverses.

Nous croyons ces résultats déjà assez brillants pour que nous nous soyons crus autorisés à décrire d'une manière détaillée l'instrument qui nous a servi et à en conseiller vivement l'emploi à ceux : géologues, ingénieurs, entrepreneurs, industriels ou propriétaires, dont les travaux ou les recherches sur le terrain doivent acquérir une précision à laquelle on ne pouvait parvenir jusqu'ici qu'au prix de grands efforts ou bien en y consacrant beaucoup de temps et d'argent.

L'usage constant que nous avons fait nous-mêmes de l'instrument, depuis près de huit ans, a déjà du reste appelé l'attention de nombreuses personnes qui se trouvaient également dans le cas de l'utiliser, et nous avons eu la satisfaction de voir le modèle, qui avait fait ses preuves lors du levé de la Carte géologique détaillée à l'échelle du 1/20.000 et lors de la reconnaissance géologique et hydrologique des Forts de la Meuse, adopté à l'essai par le Service géologique de la Grande Bretagne et de l'Irlande — où il a déjà donné d'importants résultats, notamment dans la géologie de l'île de Wight — par le Corps du Génie belge, et par un certain nombre d'ingénieurs et d'industriels du pays et de l'étranger.

Malgré le brevet pris en Belgique et pour l'étranger par notre habile forgeron M. Didion (1), lequel a surtout voulu mettre à l'abri de l'imitation ses excellents procédés d'enroulement des lames de la vrille qui lui avaient demandé tant de recherches et de labeurs, ainsi que son ingénieux système de raccord à clichet, l'instrument, par la modicité de son prix (180 francs pour un appareil forant à 10 mètres, avec 12 francs d'augmentation pour chaque tige supplémentaire), n'en restera pas moins à la portée de tous ceux qui voudront profiter de sa simplicité, de son faible poids et de son efficacité d'action.

Mais, ainsi que nous l'avons fait remarquer, il ne suffit pas toujours d'avoir une bonne sonde pour tirer des sondages le maximum des résultats à atteindre.

(1) Adresse : M. J. Didion, forgeron, 14, rue des Quatre-Bras, à Bruxelles.

Le complément indispensable de la sonde réside *dans l'application rationnelle des notions de géologie pratique* qui permettent de travailler avec un minimum de temps et de labeur et de retracer, dans les coupes verticales, reliant les points de sondage, l'allure vraie des terrains du sol et du sous-sol traversés par l'outil.

Malheureusement, il faut bien le constater à regret, ces notions font généralement défaut dans notre pays et cela parce que, à notre avis, les programmes des cours et la méthode d'enseignement sont restés fort arriérés et ne tiennent pas suffisamment compte, comme ailleurs, des progrès accomplis (1).

Or, en créant sur des bases pratiques la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, ses fondateurs ont eu en grande partie pour but de remédier à cet état de choses.

Les fondateurs de la Société n'ont pas voulu simplement créer un groupe de spécialistes uniquement attachés aux progrès de la science pure ; ils ont surtout voulu en faire une association d'enseignement mutuel, une société d'initiation qui, à côté des progrès successifs de la science, toujours tenue en grand honneur, a voulu introduire dans les classes instruites : ingénieurs, industriels, entrepreneurs, officiers, médecins, etc., les notions de géologie pratique indispensables pour mener à bien toute étude d'exploitation ou de connaissance du sol, d'hydrologie, de construction, de défense, d'hygiène, etc.

Le but des fondateurs de la Société belge de Géologie a, croyons-nous, été atteint par l'institution de nombreuses courses géologiques d'initiation sur le terrain où, sous la conduite de l'un ou l'autre spécialiste, tous ceux que la géologie intéresse comme science ou comme utilité pratique, et même comme source de jouissance intellectuelle, viennent apprendre ou plutôt réapprendre, par l'enseignement simultané des yeux et des oreilles, ce qu'ils ont pu oublier ou négliger d'apprendre depuis leur sortie des Écoles.

De cette manière, les deux desiderata principaux de l'étude pratique du sol nous semblent réalisés ; tous ceux dont la profession implique *l'étude du sol* trouveront donc parmi nous tous les éléments de réus-

(1) Ces notions élémentaires de géologie pratique ne font pas défaut en France, en Angleterre, en Allemagne, comme elles le font en Belgique ; nous avons pu nous convaincre que dans ces pays, où l'enseignement de la géologie est mieux organisé, les Ingénieurs possèdent des connaissances géologiques de beaucoup supérieures à celles que peuvent acquérir nos nationaux dans nos Universités et dans nos Écoles spéciales.

site; ils trouveront l'outil, la sonde, expérimentée depuis huit ans, ainsi que les notions pratiques de géologie qui ne s'acquièrent pas à la lecture des livres ni à l'inspection des tableaux noirs des cours, mais qui s'assimilent rapidement et avec facilité en plein air, en face du grand livre de la Nature.



TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
Introduction et historique	135
Description de l'appareil	149
Les tiges	150
Forme et longueur	150
Encoches	150
Épaisseur des tiges	150
Nature et qualités du métal employé	151
Les raccords	151
Raccord à cliquet de sûreté.	151
Raccord en biseau, avec manchon indépendant	153
La vrille	154
Fabrication	154
Dimensions	155
Forme	155
Amorce ou extrémité.	155
La fourche	156
Les clefs	156
Le trépan	157
Le tourne-à-gauche	157
Le manche mobile	158
Maniement de l'appareil	160
Organisation de l'équipe de sondeurs	160
Curiosité des habitants. Profit à en tirer.	160
Montage de la vrille	161
Débuts du creusement du trou de sonde.	162
Adjonction des premières tiges	163
Sondages sous 4 mètres	163
Examen et prise de l'échantillon	165
Sondages dépassant 6 mètres	166
Manœuvre des manches ou forage proprement dit	169
Résultats obtenus	171
Action de la sonde dans les divers terrains	172
Alluvions modernes et quaternaires	172
Limons	172

Sables	173
Argiles et glaises	173
Lits coquilliers.	175
Calcaires tendres	175
Grès ferrugineux	175
Cailloux roulés	176
Roches dures	177
Emploi de la sonde dans les levés géologiques détaillés	178
Exemple fourni par la région de Montenaeken	180
La sonde appliquée aux travaux publics, à l'hydrologie et à l'industrie	182
Emploi de la sonde dans l'art de l'ingénieur.	183
Recherches hydrologiques à l'aide de la sonde.	185
Choix des points de sondage	186
Règles à suivre dans la région occidentale des collines et des plaines belges à sol ondulé.	187
Sondages sur le sommet des collines	187
Sondages sur les flancs des collines et des vallées	188
Sondages au fond des vallées	188
Sondages dans les plaines horizontales de la Flandre et de la Campine.	189
Règles à suivre dans la région orientale des collines et des plaines belges à sol ondulé.	189
Réseaux géométriques de sondages.	190
Conclusions.	191

FIGURES.

Diagramme de la disposition des couches, du Langeveld à Uccle	141
Détails du raccord à cliquet de sûreté	152
Détails du raccord en biseau, avec manchon indépendant	153

ERRATA

Page 152, 7^{me} et 28^{me} lignes, au lieu de fig. 2 a lisez : fig. 2 d.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

- Fig. 1. Première tige portant, en *a*, le tourne-à-gauche.
- Fig. 2. Clef pour visser et dévisser les tiges, avec extrémité effilée en *d* pour faire jouer le ressort du cliquet des raccords.
- Fig. 3. Dernière tige munie de la vrille (1/9).
- Fig. 4. Tige avec trépan (1/10).
- Fig. 5-7. Fourche pour suspendre les tiges lors du dévissage (1/10 env.).
- Fig. 6. Vrille à l'échelle de 1/5.
- Fig. 8-9. Tige de sonde vue sur les deux faces (1/10).
- Fig. 10. Tourne-à-gauche se fixant à l'extrémité *a* de la tige fig. 1 (1/16 environ).
- Fig. 11. Manche mobile vu en plan (1/9).
- Fig. 12-13. Coupe en travers et coupe longitudinale du système de raccord indévisable.



Appareil portatif de sondage pour reconnaissance rapide du terrain.

fig. 1.

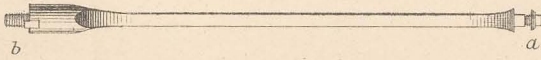


fig. 2.

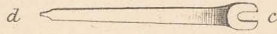


fig. 3.

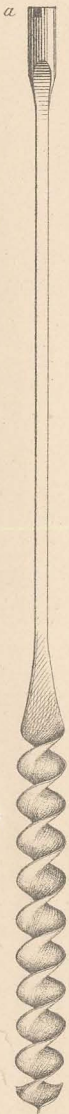


fig. 4.



fig. 5.



fig. 6.



fig. 7.



fig. 8.

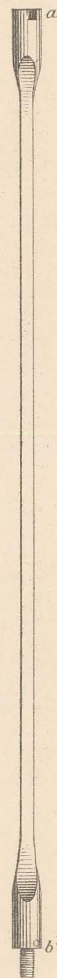


fig. 9.

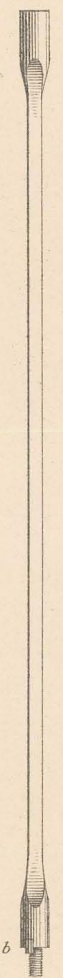


fig. 10.

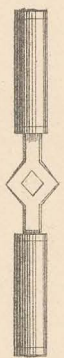


fig. 11.

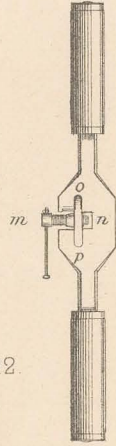


fig. 12.

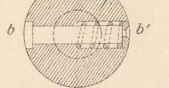
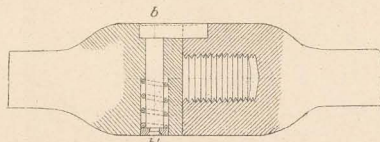


fig. 13.



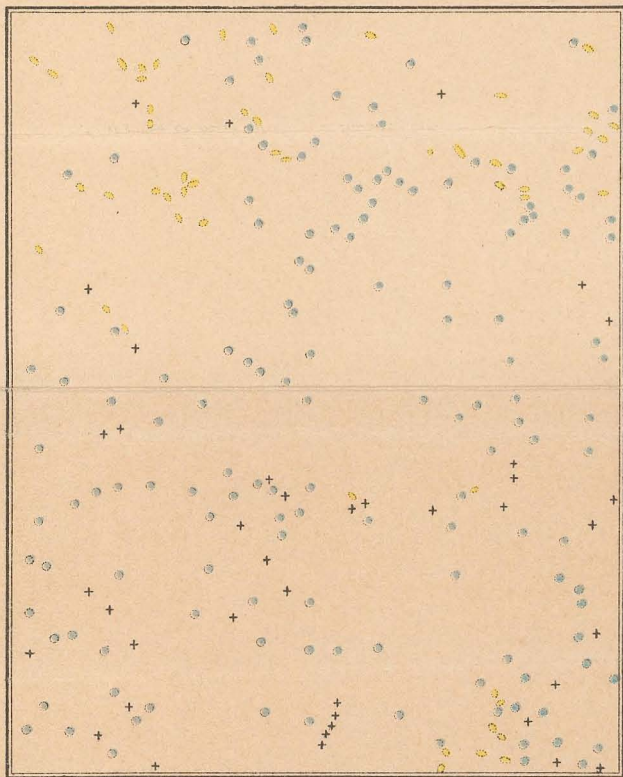
Exemple d'application de la sonde à main aux levés géologiques détaillés.

Reproduction, au 1/100,000, de la feuille de Montenaeken
d'après la carte du sol d'A. Dumont, au 1/160,000.



fig. 1.

Répartition des sondages et des affleurements utilisés
pour le tracé de la carte détaillée de Montenaeken.



G. Severeijns, Lith.

fig. 3.

Reproduction, au 1/100,000, de la feuille de Montenaeken
d'après la carte du sous-sol d'A. Dumont au 1/160,000.

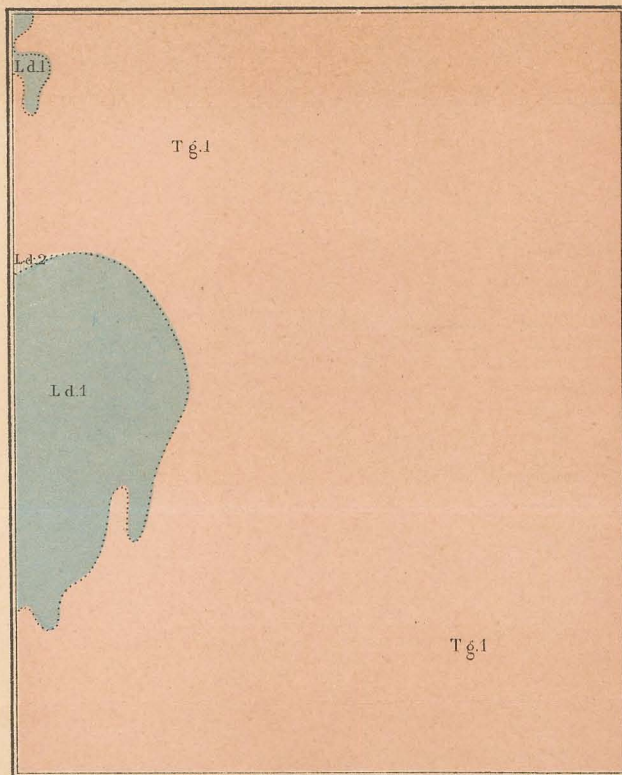
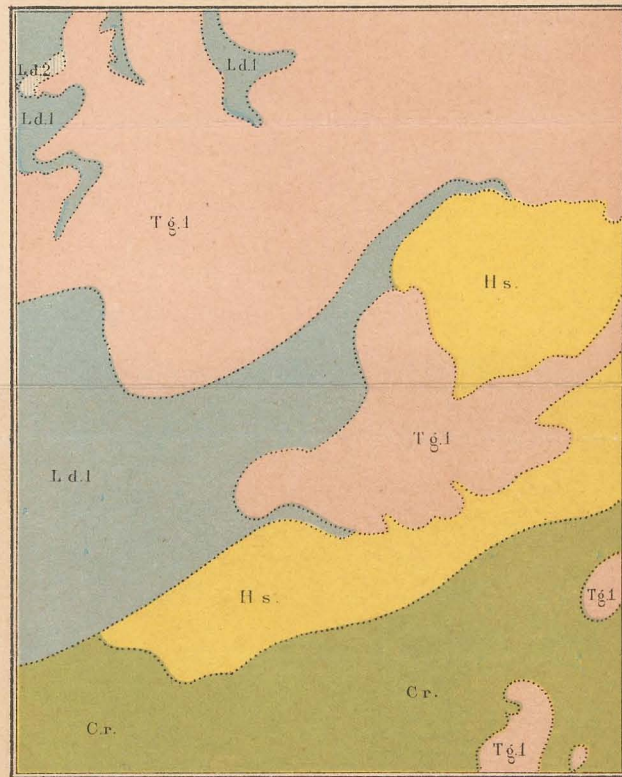


fig. 2.

Réduction au 1/100,000 du nouveau figuré
du sous-sol de la feuille de Montenaeken (levé au 1/20,000)



E. Van den Broeck et A. Rutot.

fig. 4.

Légende:

- Limon quaternaire.
- T g. 1. Tongrien inférieur.
- L. d. 2. Landenien supérieur.

- L. d. 1. Landenien inférieur.
- H. s. Heersien.
- C. r. Crétacé supérieur (Sénonien.)

- Affleurements du sous-sol.
- Sondages.
- + + Renseignements divers, (puits, etc.)