la direction du drain, est suffisante pour l'écoulement, c'est-à-dire de 3 à 4 millimètres, on peut tracer ce drain en faisant son fond parallèle à la ligne de profil du sol, — mais avec les précautions indiquées à la fin du paragraphe précédent.

Dans le cas où cette pente naturelle est insuffisante, ou même nulle, il faut augmenter continuellement la profondeur du drain d'isolement à partir de l'origine et de manière à avoir dans toute la longueur une pente par mètre suffisante.

§ 3. — TRACÉ DES COLLECTEURS.

Ils peuvent se trouver dans les thalwegs et par conséquent dirigés suivant des lignes de plus grande pente, c'est ce que nous entendons par collecteurs *naturels;* alors ils ont une pente naturelle suffisante et l'on peut les faire également profonds dans toute leur longueur; mais cette égale profondeur doit dépasser de 3 ou 4 centimètres celle des drains de desséchement qui doivent y verser leurs eaux.

Les collecteurs de reprise tracés transversalement aux drains de desséchement ont une pente naturelle très-faible : on doit donc augmenter leur angle d'*écharpe* pour les rapprocher des plus grandes pentes autant que possible; — mais parfois, malgré cette précaution, leur pente naturelle sera encore insuffisante et il y aura nécessité de leur donner une pente artificielle en s'éloignant de la règle d'égale profondeur, — et augmenter peu à peu celle-ci pour assurer un bon écoulement.

CHAPITRE II.

Creusement des tranchées.

§ 1. — PRINCIPES, PROFIL DES TRANCHÉES.

En principe, une *tranchée de drainage* doit, pour le moindre travail, avoir un section d'ouverture aussi petite que possible; c'est-à-dire, présenter au fond et au niveau du sol des largeurs minima. — La détermination de ces moindres largeurs dépend de la nature du terrain, du genre d'outils employés et du mode de travail adopté par les ouvriers.

Une tranchée de drainage étant creusée seulement pour y placer un tuyau, et devant être comblée presque immédiatement après la pose de ce tuyau, les parois, les flancs restent très-peu de temps exposés à l'air et ne se désagrégent ordinairement pas assez pour qu'il y ait chance d'éboulement, à moins qu'un *retard* ou des circonstances particulières de friabilité ou une forte pluie ne viennent aider à la chute. On peut donc donner aux parois de la tranchée des talus raides, c'est-à-dire approchant beaucoup de la verticalité, tandis que, dans les mêmes terrains, des fossés, destinés à rester ouverts indéfiniment, devraient pour résister aux causes d'éboulement, avoir des talus faibles (30 à 45 degrés.)

La largeur au fond de la saignée doit être seulement suffisante pour y poser le tuyau et les manchons, lorsque ces derniers sont employés; toute largeur superflue suppose un travail de terrassement inutile et, en outre,

augmente la difficulté de la pose des conduits. Il est même bon de donner au fond la forme cylindrique du tuyau dont la pose est alors très-facile et présente une grande stabilité (fig. 103).

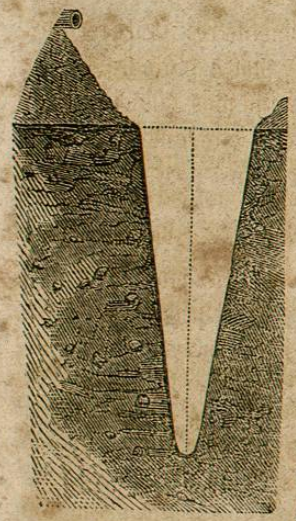

Fig. 103.

Les ouvriers dans le creusement des tranchées ne doivent pas être forcés de descendre jusqu'au fond, car alors la largeur exigée pour la liberté de leurs mouvements devrait être assez considérable.

Tout en satisfaisant à ce principe de déblai minimum, la largeur des tranchées au niveau du sol doit être en rapport avec la nature du terrain, sol et sous-sol. Ainsi l'expérience prouve que dans des terres argileuses, franches ou fortes, les parois de la tranchée peuvent très-bien se soutenir, pendant le temps qui doit s'écouler entre l'ouverture de la tranchée et la pose des tuyaux, avec un talus de 0,155 de base pour 1 mètre de hauteur, c'est-à-que *pour les terrains très-consistants*, en admettant qu'une largeur de 0,08 au fond soit suffisante, on aurait, pour les profondeurs croissantes 0m9, 1m0, 1m1, 1m2, 1m3, 1m4, 1m5, 1m6, 1m7, 1m8; des largeurs au niveau du sol égales à 0,36, 0,39, 0,42, 0,45, 0,48, 0,51, 0,54, 0,57, 0,61, 0,64 ; on voit que pour une profondeur double,

la largeur ne doit pas être double, comme cela est indiqué dans quelques ouvrages.

Lorsque le sol présente moins de résistance et que, par suite, les éboulements sont plus à craindre, il faut donner aux talus des tranchées une plus faible inclinaison par rapport à l'horizon, c'est-à-dire, une plus grande largeur pour la même hauteur : ainsi pour les profondeurs de

0m9, 1m0, 1m1, 1m2, 1m3, 1m4, 1m5, 1m6, 1m7, 1m8,

en donnant la largeur de 0,8 au fond, l'ouverture au niveau du sol sera 0,48, 0,53, 0,57, 0,62, 0,66, 0,71, 0,75, 0,80, 0,84, 0,90.

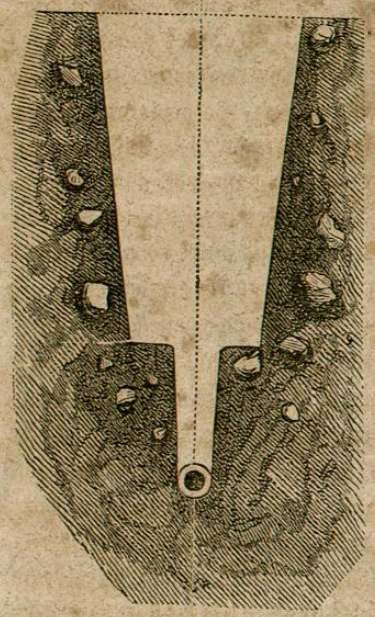

Fig. 104.

Enfin dans le cas de terrain pierreux qu'il est indispensable d'attaquer à la pioche, l'ouvrier doit descendre assez près du fond et, par suite, il faut encore élargir cette tranchée pour la facilité du travail; on ouvre alors les drains de 10 à 20 centimètres plus larges au niveau du sol que dans les

deux cas précédents; quelquefois aussi dans les terrains pierreux on adopte une forme mixte représentée (fig. 104.). La partie supérieure où se trouve le terrain pierreux est large, tandis que l'achèvement de la tranchée se fait par un fer de bêche très-étroit ou une pioche ordinaire et un marteau; ou même en se servant alternativement de ces divers instruments.

§ 2. — OUTILS DESTINÉS A LA FOUILLE DES TERRES ET AU DÉBLAI DES TRANCHÉES.

On comprend que pour ouvrir des tranchées aussi étroites sur des profondeurs considérables, l'ouvrier doit être muni d'outils de terrassement tout à fait spéciaux. — Ces outils varieront de formes et de dimensions suivant le travail qu'ils serviront à effectuer et d'après la nature du sol. — On peut les diviser ainsi:

Instruments propres à trancher la terre et à la diviser en mottes (bêches, fourches);

Outils agissant par chocs pour ameublir la terre (pioches, pics, marteaux);

Instruments servant à déblayer ou à enlever les mottes et la terre meuble (râteau, fourches, pelles, dragues);

Outils servant à *parer*, ou achever les tranchées (curettes);

Enfin, les instruments servant à consolider le sol et parfois à le régulariser (tasseurs).

Nous allons examiner chacun de ces instruments.

Bêches.—La largeur de la tranchée allant en diminuant du sol au fond, il est visible qu'une bêche ordinaire large

(fig. 93), ne peut servir à faire tout le travail. — La bonne exécution d'une tranchée exige *un jeu* de bêches de largeurs décroissantes. — Elles doivent être graduées en largeur et en longueur de façon à présenter pour ainsi dire la forme de la tranchée. — En outre, la bêche la plus large ne peut avoir une grande longueur, car le poids de la motte à enlever est limité comme la force de l'homme. Ainsi, soit à ouvrir une tranchée de 1 mètre 20 de profondeur, avec 0,45 de largeur au niveau du sol. On pourrait l'ouvrir en quatre fers, en enlevant deux mottes *au*

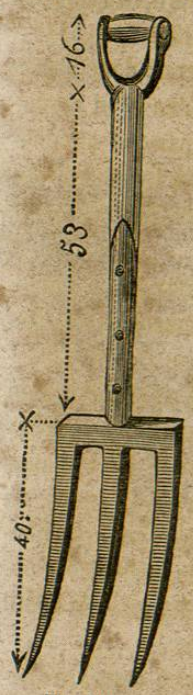

Fig. 105.

Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 108.

Fig. 109.

premier fer avec une bonne bêche ordinaire, dite de surface, ou une des fourches à trois ou cinq dents (fig. 105),

dites universelles, parce qu'elles peuvent servir dans les divers sols, une seule motte *au deuxième fer* avec la même bêche ou d'un modèle plus étroit (fig. 107 et 106, une motte encore plus étroite avec une bêche dont la largeur de fer serait de 0,20 en haut et 0,15 en bas seulement (fig. 108, 109 *troisième fer*); enfin le *quatrieme fer* serait enlevé avec une bêche n'ayant de largeur que 0,15 à la partie supérieure, et 0,07 à la partie inférieure (fig. 110 et 111 .

Ce mode de travail exigerait donc *un jeu* de trois bêches. Lorsqu'on veut atteindre une profondeur dépassant notablement 1 mètre 20, ou bien lorsqu'on veut restreindre la largeur de la tranchée, il faut quatre bêches.

On comprend que plus la motte à enlever est située profondément, plus son poids doit être limité, — et par conséquent, si la largeur des trois bêches du jeu diminue successivement, il ne s'ensuit pas que la longueur de fer doit augmenter dans le même rapport, mais, au contraire, assez lentement pour compenser par la diminution du poids des mottes les difficultés de maniement de l'outil au fond d'une tranchée.

Fig. 110. Fig. 111.

Les terrassiers français, peu habitués à ce genre spécial de travail, préfèrent encore souvent les bêches ordinaires ou quelque peu modifiées, dont le fer est à très-peu près plat, et les manches longs sans poignées ou à pe-

tites poignées ovoïdes. On peut évidemment faire un jeu de bêches de fers plats et gradués comme nous venons de le dire, mais si l'on examine bien la façon dont l'ouvrier doit enlever et jeter la motte prise profondément, on reconnaîtra, ce que nous croyons pouvoir poser comme principe, que le fer des bêches doit être d'autant plus courbe transversalement qu'il est plus étroit, c'est-à-dire que la bêche de surface peut être presque plate, mais que les suivantes sont de plus en plus creuses, comme l'indique la figure 112, montrant la section courbe de quatre

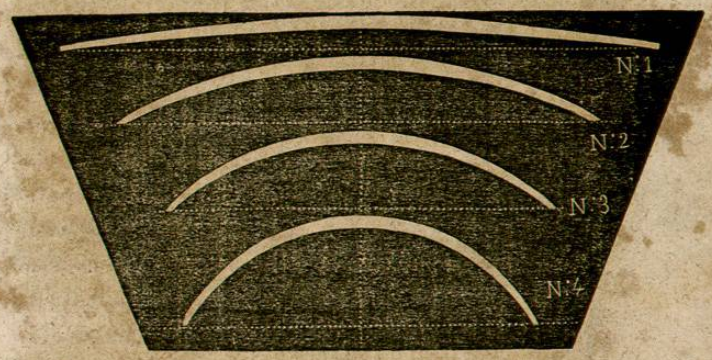

Fig. 112.

bêches *bon modèle* prise au milieu de la hauteur des fers : la figure est à l'échellle de 4 décimètres pour un mètre. — De cette façon, l'intérieur de la bêche est une partie de cône creux qui retient la terre sans que l'ouvrier soit forcé d'élever la bêche horizontalement comme lorsqu'il doit enlever une pelletée de terre meuble; la terre, du

reste, tombe facilement d'elle-même lorsque le fer de la bêche est quelque peu renversé.

Outre cet avantage, les bêches courbes, à égalité d'épaisseur, ont une plus grande résistance, ce qui permet de les faire plus minces que des bêches plates pour la même fatigue.

Les bêches anglaises diffèrent des françaises dans la longueur du manche, dans la forme de la poignée et enfin dans le mode d'emmanchement.

Les bêches françaises emmanchées dans une simple douille de très-peu de longueur, ne peuvent résister aux oscillations continuelles que le draineur doit faire subir à l'instrument pour détacher la motte du fond de la tranchée, en se servant du fer de la bêche comme d'un levier. — Aussi, les bêches anglaises, faites spécialement pour ce travail de fatigue, ont-elles leurs fers prolongés du haut en deux lames demi-cylindriques qui entourent le manche sur une longueur de 25 à 30 centimètres au moins, et reliées ensemble et avec le manche par deux ou trois rivets.

La manière dont on se sert des bêches françaises est trop connue pour la reproduire ici, mais nous croyons devoir indiquer en quelques mots le mode d'emploi d'une bêche anglaise. — L'ouvrier prend la poignée des deux mains et enfonce la bêche en posant un pied sur la partie épaisse et supérieure du fer, ou sur la *pédale*, et s'élève de terre en faisant porter tout son poids sur le fer, et il l'enfonce ainsi en terre sans secousse. (Dans quelques cas, on est porté, pour aller plus rapidement, à frapper

du pied, mais c'est une habitude fatiguant promptement.) L'enfoncement dû au poids du corps de l'ouvrier étant obtenu, ce dernier fait osciller d'avant en arrière le manche de la bêche de façon à agrandir l'ouverture, puis il appuie de nouveau le pied sur le fer et se soulève sur ce pied pour faire pénétrer la bêche plus profondément, et il recommence autant de fois que cela est nécessaire, suivant la difficulté du terrain, pour enfoncer entièrement le fer de la bêche; alors si la motte est ainsi séparée de trois côtés (la face d'avant d'une motte est toujours libre), l'ouvrier opère la séparation de la motte du fond même en appuyant sur l'extrémité du manche, de façon à soulever en même temps la motte sur le fer; il laisse alors une main à la poignée et porte l'autre sur le manche aussi près que possible de la lame, et enlève ainsi très-facilement une lourde motte pour la jeter sur le bord de la tranchée. On commence toujours par séparer la motte sur les deux faces latérales, en inclinant la bêche suffisamment pour conserver aux parois de la saignée l'inclinaison convenable pour le soutènement de la terre des talus.

On donne ainsi trois coups par motte pour les premiers fers; — le dernier qui s'enlève par une bêche n° 4, très-creuse, comme l'indique la figure 112, n'exige à la rigueur que deux coups de bêches, car, les deux coupures faites ayant la forme d'un quart de cercle, si l'un des bords latéraux tranchant est placé contre chaque paroi, les deux coupures se rejoignent et la motte enlevée a la forme d'un segment solide compris entre deux surfaces demi-cylindriques.

Pour ménager sa chaussure et éviter l'impression douloureuse et fatiguante du fer sous la plante des pieds, l'ouvrier qui emploie la bêche doit faire usage de la semelle de fer représentée figure 113 : elle est fixée au pied au moyen d'une petite courroie que le dessin représente bouclée.

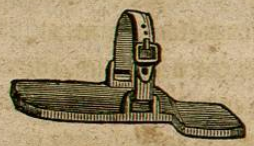

Fig. 113.

Les bêches sont employables dans tous les terrains exempts de pierres ou du moins n'en contenant que d'assez petites; elles sont surtout convenables pour les terres fortes argileuses qu'on enlève facilement en mottes volumineuses ; mais dans un terrain d'argile pure durcie ou dans un terrain rempli de silex, de meulières, etc., les bêches seraient d'un emploi difficile. — On est alors dans l'obligation d'employer les outils appelés *pics*, ou leurs analogues.

Le *pic à main* (tournée) ordinaire est représenté dans la figure 114. — Une des extrémités du fer est un tranchant d'acier dont la direction est perpendiculaire à celle du manche, et qui sert de pioche pour diviser un terrain trop dur pour être enlevé à la bêche ; l'autre extrémité est terminée en pointe aciérée et sert à faire éclater le terrain éminemment dur, ou à extraire les pierres. — Une autre forme est indiquée dans la figure 115 : — Une des extrémités du fer fait l'office de pioche étroite comme dans le cas précédent, et l'autre, en forme de tranchant émoussé mais aciéré et dans la

Fig. 115—114.

même direction que le manche, sert comme *marteau* pour briser les pierres trop fortes pour être extraites, et qui gênent, soit dans les flancs, soit au fond même de la tranchée.

Le pic à main présente plusieurs inconvénients : en premier lieu, l'ouvrier qui s'en sert marche sur la terre qu'il vient d'ameublir, de diviser, et par suite la rend plus difficile à extraire pour l'ouvrier déblayeur qui le suit; en second lieu, l'ouvrier agit par une suite de chocs qui sont excessivement fatigants, et souvent en pure perte si le tranchant ou la pointe portent en plein sur des pierres; enfin l'ouvrier agit en se courbant, ce qui fatigue outre mesure certains muscles.

Le *pic à pédale*, malheureusement très-peu employé en France, évite tous ces inconvénients. Il est représenté figure 116. — L'ouvrier le soulève et le laisse retomber puis appuie sur la pédale qui peut être placée plus ou moins haut suivant la nécessité. — L'ouvrier agit donc sans choc et en utilisant son propre poids pour faire éclater le sol, ordinairement en très-grosses mottes : l'homme qui se sert du pic à pé-

Fig. 116.

Fig. 117.

dale marche à reculons et par suite ne piétine pas le terrain qu'il vient de fouiller.

Pelles. — Les outils dont nous venons de parler, et

Fig. 118. Fig. 119. Fig. 120.

surtout les derniers, laissant dans la tranchée de la terre

plus ou moins ameublie qui doit être enlevée au moyen d'outils spéciaux appelés pelles. — De même que les bêches, pour servir aux différentes profondeurs, elles doivent avoir des largeurs décroissantes (fig. 117). Une pelle ordinaire pourra servir pour le premier et même pour le deuxième fer de bêche, mais pour les suivants on devra se servir de pelles très-étroites telles que celle indiquée fig. 118. Elles peuvent être droites ou courbes, à rebords ou sans rebords, aiguës à l'extrémité ou terminées par un bord droit, — mais le manche doit faire avec la direction du fer un angle tel qu'on puisse, du haut, manœuvrer facilement la pelle pour enlever les parties meubles qui peuvent rester après la bêche, ou la terre ameublie par l'action des pics. — Les rebords sont nécessaires dans une tranchée où l'abondance de l'eau intérieure réduit la terre en boue ; enfin, les pelles dont la partie antérieure du fer est aiguë, pénètrent très-facilement dans les déblais pierreux. Pour charger une pelle, l'ouvrier la pousse en avant, puis l'enlève en portant une main à la partie moyenne du manche.

Or, il est facile de voir que pour atteindre le déblai à une grande profondeur, le manche doit être long et par suite le poids à enlever est placé à l'extrémité d'un grand bras de levier ; ce qui augmente la difficulté et limite la quantité de terre qu'on peut enlever à chaque coup.

Les dragues (fig. 119 et 120) servent au même usage que les pelles et ont sur celles-ci l'avantage d'atteindre les grandes profondeurs sans l'inconvénient dont nous venons de parler. — La drague s'emplit en portant le fer en

avant du corps et en le ramenant vers soi, glissant sur le fond de la tranchée, puis on enlève verticalement la terre et on la jette sur le bord en soulevant la drague suffisamment pour que le déblai tombe de lui-même. — La forme du fer des dragues présente du reste les mêmes variétés que celui des pelles.

Curettes. — La drague devant servir après le dernier fer de bêche doit avoir la forme du fond de la tranchée, et par suite, lorsque les drains sont faits avec des tuyaux, la drague destinée à achever le travail du déblai doit être de forme demi-cylindrique d'un diamètre un peu plus grand que celui du tuyau que l'on y placera. On peut avoir deux curettes de diamètres différents: la plus étroite pour les saignées de drains de desséchement, et la plus large pour les collecteurs.

Fig. 121.

Fig. 122.

Deux modèles sont représentés par les fig. 121 et 122.

---

§ 3. — Méthodes diverses d'ouverture d'une tranchée de drainage.

L'ouverture d'une tranchée ou d'une partie de tranchée doit être faite en appliquant le principe si important de la division ou spécialisation du travail de sorte que chaque ouvrier, ayant constamment à exécuter la même manœuvre, la fasse mieux et plus rapidement. — En outre, les brigades doivent être disposées de façon que les ouvriers ne puissent se gêner l'un l'autre, ou que l'un d'eux soit forcé d'attendre la fin du travail de son voisin. On doit aussi chercher à donner à l'ouvrier chef de brigade le travail le moins fatiguant, et celui qui exige le plus d'habileté et de soin.

Plusieurs méthodes ont été indiquées ou employées : chacune d'elle peut, dans des circonstances spéciales, être préférée aux autres, et le mode d'entreprise pour l'exécution des travaux peut aussi entraîner à des différences sensibles.

Nous allons examiner les méthodes les plus répandues. La première, indiquée depuis longtemps par Hy. Stephens, suppose une brigade de trois ouvriers et peut se résumer ainsi :

Premier temps : l'*ouvrier chef* tend un cordeau pour limiter la largeur d'ouverture de la tranchée sur 25 mètres