CHAPITRE IV.

Du diamètre des tuyaux de drainage. — De la section des conduits en général et de leur forme.

§ 1. — DES CAUSES INFLUANT SUR LE DIAMÈTRE NÉCESSAIRE AUX CONDUITS DES DRAINS.

Nous distinguons les divers tuyaux placés dans un champ drainé en tuyaux d'asséchements et en tuyaux collecteurs.

Les drains d'asséchement ont pour but de laisser pénétrer, par les faibles intervalles laissés entre les tuyaux successifs, l'eau éparse dans le sous-sol.

L'arrivée de l'eau dans les tuyaux de desséchement se fait, sauf de rares exceptions, *goutte à goutte.* — Dans les premiers jours qui suivent l'établissement d'un drainage, cet écoulement, cet égouttement plutôt, est plus rapide, puisqu'il existe, à ce moment, dans le terrain, une couche d'eau stagnante qui fait charge sur les orifices des tuyaux et pénètre dans ceux-ci avec vitesse; mais, après un certain temps, l'assainissement étant obtenu, les tuyaux ne reçoivent plus que les eaux des grandes pluies, et par suite n'ont que des quantités d'eau assez minimes à recevoir et à évacuer : ainsi, on admettra, sans doute, que, si les grandes pluies ont lieu à des intervalles de vingt-quatre heures, et que les drains puissent, dans ce temps, recevoir et évacuer toute l'eau

tombée, l'assainissement sera parfaitement entretenu, dans les cas les plus difficiles. Or, une forte pluie ne peut pas être estimée à plus de 50 millimètres de couche uniforme sur le terrain; et, en outre, une partie de cette eau, est absorbée par les plantes, coule à la surface ou est évaporée; mais nous n'en tiendrons aucun compte, et nous supposerons que, dans vingt-quatre heures, les petits intervalles laissés entre les tuyaux doivent débiter toute la pluie tombée; ce qui, à raison de 50 millimètres d'épaisseur, suppose, par hectares, 500 mètres cubes ou 500,000 litres à expulser.

Les tuyaux n'ayant qu'environ 0^m30 de longueur, les intervalles laissés pour le passage de l'eau servent pour une longueur de terrain de 0^m30 cent., sur une largeur qui en pratique varie de 10 à 20 mètres ordinairement : soit le cas le plus défavorable, c'est-à-dire l'espacement maximum, 20 mètres, et le tuyau le plus petit, ou de 25 millimètres de diamètre.

Chaque intervalle entre deux tuyaux contigus, quelque rapprochés qu'on les suppose, est d'environ 2 millimètres : l'espace annulaire total, pour la grandeur du tuyau considéré, serait donc de $3,14 \times 2 \times 25$ millimètres, ou 157 millimètres carrés. Supposons que pour des causes quelconques (l'enfoncement du tuyau par le bas, la présence de grains de sable, etc., etc.), l'ouverture libre ne soit que d'environ les 2/3 de l'ouverture totale, ou, en nombre rond, de 100 millimètres carrés.

Cette ouverture devra laisser passer l'eau d'une surface de $0^m30 \times 20$ mètres ou 6 mètres carrés : l'hectare

ou 10,000 mètres carrés recevant 500,000 litres, 6 mètres carrés reçoivent 300 litres que l'ouverture de 100 millimètres doit évacuer en 24 heures, c'est-à-dire dans 86,400 secondes : ce n'est donc qu'*un écoulement de* 3 *millilitres par seconde.* Nous avions donc raison de dire que l'eau n'arrivait que *goutte à goutte* et que les orifices des plus petits tuyaux sont parfaitement suffisants pour la filtration dans tous les cas; car celui que nous avons supposé est une exception extraordinaire et la plupart du temps l'eau de pluie que les drains devront évacuer ne dépassera pas un millilitre par seconde pour chaque tuyau.

L'eau tombée dans le tuyau doit être écoulée au dehors du champ : sans cela, l'accumulation dans le conduit annulerait bientôt l'assainissement commencé, et c'est ce qui arrive lorsqu'un tuyau s'obstrue par une cause quelconque. — Donc le tuyau de drainage doit fonctionner comme un petit canal. — A part, peut-être, l'extrémité des collecteurs, les tuyaux ne couleront jamais pleins, ou à *gueule-bée.*

L'écoulement se fait donc dans ces tuyaux comme dans les canaux découverts ordinaires, et non d'après les lois de l'écoulement dans les tuyaux proprement dits, comme quelques auteurs l'ont avancé.

La formule du mouvement de l'eau dans les tuyaux de drainage est donc celle déterminée par *Prony* :

$$R \times I = \ldots 0{,}000\,0\,444\,U + 0{,}000\,309\,U^2.$$

Dans cette équation, les lettres ont la signification suivante :

U est la vitesse moyenne de l'eau,
I la pente par mètre du tuyau,
R le rapport entre la section d'eau S, et le périmètre mouillé C — ou $\frac{S}{C} = R$.

Le volume d'eau qui passe par seconde dans le tuyau est donné par la formule $Q = S \times U$; autrement dit, le volume écoulé est égal à la section d'eau multipliée par la vitesse moyenne.

De la formule de Prony on tire :

$$U = 56{,}86\sqrt{R \times I} - 0{,}072.$$

Ce qu'on peut traduire ainsi en langage vulgaire :

1° La vitesse dans un canal est à très-peu près en raison directe de la racine carrée de la pente.

2° ... A égalité de section d'eau courante dans divers canaux, la vitesse est d'autant plus grande que la forme de la section s'approche plus d'un demi-cercle ou, plus généralement, que le rapport entre cette section et le contour mouillé du canal est plus grand; donc un tuyau qui coulerait habituellement à moitié plein pourrait, avec une moindre pente, donner un débit égal à celui d'un tuyau de plus grand diamètre, qui ordinairement serait à peine mouillé par l'eau courante.

Et comme le *débit* est égal au produit de la section d'eau par la vitesse, il s'ensuit que le débit d'un tuyau toujours incomplétement rempli, agissant comme un canal, croît comme le carré de son diamètre, la racine carrée de la pente et le rayon moyen de la section d'eau, de sorte que l'écoulement se fait avec plus de rapidité dans un petit tuyau que dans un grand, lorsque le volume à écouler est très-

faible et que la pente est la même. Ceci fait comprendre l'inutilité de l'emploi de tuyaux d'un plus grand diamètre que celui strictement nécessaire pour l'écoulement à moitié ou aux trois quarts du tuyau; car si l'eau coulant dans le conduit est en très-faible épaisseur, le frottement de l'eau, contre la paroi du tuyau, est relativement plus grand, et, par suite, pour avoir un écoulement convenable dans un grand tuyau, la pente devrait être plus forte.

Soient en effet, deux tuyaux circulaires de différents diamètres également pleins: à moitié, ou au quart par exemple. — Les sections d'eau sont proportionnelles aux carrés des diamètres, c'est-à-dire que, si le tuyau A a un rayon double de celui du tuyau B, le premier pourra évacuer, avec la même pente et le même remplissage, un volume quadruple. — En outre, pour une faible et égale augmentation d'épaisseur d'eau dans les deux tuyaux après de grandes pluies, la surface d'accroissement croît comme les diamètres, et par suite l'action évacuatrice du drain, à mesure que l'eau du sol tend à remplir le tuyau, croît encore comme le diamètre ou à très-peu près: on peut donc considérer comme règle pratique que l'action d'un tuyau comme *canal d'écoulement et de recueil* croît plus vite que dans le rapport des carrés des diamètres, mais moins vite que le cube de ces mêmes diamètres.

A égalité de diamètre, les vitesses et par suite les volumes écoulés croissent proportionnellement aux racines carrés des pentes, c'est-à-dire, en termes vulgaires, que si la pente est quadruple, le volume qui passe est double, et que pour tripler le volume qui passe par un tuyau, il faut lui donner une pente neuf fois plus forte.

toutes choses égales d'ailleurs. Ces indications ne sont pas mathématiques, mais très-suffisantes pour guider la pratique, surtout si l'on prend pour point de départ quelques chiffres d'expérience.

§ 2. DIAMÈTRES DES DRAINS DE DESSÉCHEMENT ET DES DRAINS COLLECTEURS.

Si nous considérons un drain de desséchement, il est visible que, dans les conditions que nous avons supposées plus haut, il passera, dans le premier tuyau de ce conduit, un millilitre par seconde, dans le second tuyau le volume à écouler sera double; il sera triple dans le troisième tuyau, et ainsi de suite: c'est-à-dire que le drain de desséchement d'un diamètre donné ne peut avoir une longueur indéfinie, car il arriverait un moment où la quantité d'eau à écouler par le tuyau serait trop considérable pour la section de passage et la pente dont on dispose: la recherche de la longueur maxima d'un tuyau ou d'un drain de desséchement est donc un problème qui se lie à la détermination du diamètre de ces tuyaux et de leur pente.

D'après les considérations précédentes, et en partant du fait expérimental qu'un tuyau de desséchement de 0,025 millimètres de diamètre suffit à l'expulsion des eaux d'une surface de 10 ares environ, en pente assez faible; nous avons déterminé les chiffres suivants: nous n'avons pas cherché, dans ce tableau, à faire supposer une exactitude mathématique en conservant des fractions, et nous avons même arrondi les nombres autant que possible, car ils ne peuvent servir que comme approximations.

Tableau des diamètres et longueurs correspondantes des tuyaux de drainage suivant les pentes. — Desséchement.

Diamètre des tuyaux.	Espacement des drains.	Pente par mètre.	Longueur que peut avoir un drain de desséchement	Surface qu'il peut assécher	OBSERVATIONS.
millim.	mètres.	millim.	mètres.	ares.	Le tuyau supposé aux trois quarts plein à son extrémité inférieure.
25	10	2	70	07	
—	—	8	140	14	
—	—	18	210	21	
—	—	32	280	28	
—	—	50	350	35	
—	—	72	420	42	
25	12	2	58	07	
—	—	8	116	14	
—	—	18	174	21	
—	—	32	232	28	
—	—	50	290	35	
25	15	2	46	07	
—	—	8	92	14	
—	—	18	138	21	
—	—	32	184	28	
—	—	50	230	35	M. Barral, maximum 300.
30	10	2	100	10	180 m au maximum pour 4 m. de pente d'après M. Decauville.
—	—	8	200	20	
—	—	18	300	30	
—	—	32	400	40	
—	—	50	500	50	
30	12	2	83	10	
—	—	8	166	20	
—	—	18	249	30	
—	—	32	332	40	
—	—	50	415	50	
30	15	2	67	10	
—	—	8	134	20	
—	—	18	201	30	
—	—	32	268	40	
—	—	50	335	50	

DRAINS COLLECTEURS.

Diamètre des tuyaux.	Pente par mètre.	Surface assainie.	OBSERVATIONS.
millim.	millim.	ares.	
35	2	14 à 16	
—	8	28 à 32	
—	18	42 à 48	
—	32	56 à 64	
40	2	18 à 23	
—	8	36 à 46	
—	18	54 à 69	
—	32	72 à 92	
45	»	»	M. Barral, sans autre désignation, moyenne générale, 72 ares.
50	2	28 à 42	M. Leclerc donne, sans désignat. de pente, 150 ares.
—	8	56 à 84	
—	18	84 à 126	
—	32	112 à 168	
55	»	»	M. Mangon, 200 ares environ.
—	10	»	M. Barral, sans désignation de pente, 400 ares.
60	2	40 à 65	D'après M. Leclerc, 233 ares. Sans id. id.
—	8	80 à 130	
—	18	120 à 195	
—	32	160 à 260	
60	»	»	M. Barral, sans désig. de pente 144 ares.
70	2	55 à 100	
—	8	110 à 200	
—	10	»	M. Mangon, 300 à 400 ares.
—	18	165 à 300	
—	32	220 à 400	
75	»	»	M. Barral, 228 ares.
80	2	70 à 150	M. Leclerc, 400 ares. Sans id. id.
—	8	140 à 300	
—	18	210 à 450	
—	32	280 à 600	
90	2	90 à 200	
—	8	180 à 400	
—	18	270 à 600	
—	32	360 à 800	
100	2	110 à 250	
—	8	220 à 500	
—	18	330 à 750	
—	32	440 à 1000	
120	2	160 à 450	125 m. par pente de 20 m. pour 15 HA M. Parkes
—	8	320 à 900	
—	18	640 à 1350	
—	32	800 à 1800	
150	2	250 à 800	
—	8	500 à 1600	
—	18	750 à 2400	
—	32	1000 à 3200	

Les tuyaux de drainage du tableau sont supposés placés à une profondeur moyenne de 1 m. 20. — Pour des drains situés plus profondément, il faudrait, à égalité d'espacement et de pente, donner aux tuyaux de desséchement un diamètre plus grand pour une même longueur, ou placer des drains collecteurs de reprise plus souvent, pour éviter que ces tuyaux, qui recevront plus d'eau que s'ils étaient placés plus superficiellement, n'aient une longueur plus considérable que ne le comporte leur section de débouché.

En général, on est porté à employer de préférence des tuyaux de desséchement d'un diamètre notable : nous espérons que les considérations précédentes détruiront la prévention assez commune contre les tuyaux de 25 millimètres de diamètre : cependant nous donnons encore ici l'indication d'un grand avantage des petits tuyaux : —Si le même volume d'eau doit passer par deux tuyaux de diamètres différents et de pente égale, la vitesse de l'eau dans le tuyau le plus petit sera plus considérable que dans le grand tuyau.

En effet, soient (fig. 73 et 74), deux tuyaux A et B, le premier ayant un diamètre double de celui du second. La vitesse dans un courant, toutes choses égales d'ailleurs, est, d'après la formule pratique de Prony, d'autant plus grande que le rapport entre la surface et le contour mouillé

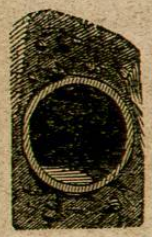

Fig 73.

Fig. 74.

(fig. 75) A B C, *a b c* est plus grand. Or il est facile de voir que ce rapport est plus grand dans le petit tuyau, et ces vitesses sont à peu près dans le rapport inverse des quotients de la section par le périmètre mouillé. Ainsi, un tuyau double pour le même volume donnera une vitesse plus faible de 1/4 ou même 3/10. — Or, si nous considérons que, la plupart du temps, les drains sont à peine mouillés, on voit que les petits tuyaux ont l'avantage de conserver, pour des écoulements faibles, une vitesse plus grande que celle que la même quantité d'eau pourrait prendre dans un tuyau de diamètre plus fort. Une vitesse plus grande empêche les dépôts, et c'est dans le but d'avoir aussi un filet d'eau rapide, que l'on avait essayé l'emploi de tuyaux à section ovale (fig. 76), mais la difficulté d'exécution et de pose les a fait laisser de côté, et l'on emploie généralement des tuyaux circulaires : or, pour écouler un faible volume, les grands tuyaux donnent un frottement perpétuel beaucoup plus grand et par suite ne permettent pas à l'eau d'acquérir une vitesse convenable pour empêcher les dépôts qui, une fois commencés en un point, augmentent la tendance que peut avoir l'eau à déposer.

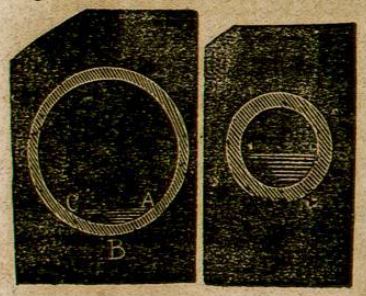

Fig. 75.

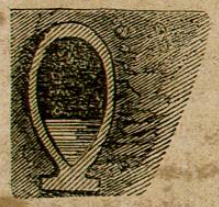

Fig. 76.

§. 3. — FORMES DIVERSES DE CONDUITS DE DRAINS

Dans les *pierrées* recueillant des sources faibles, les conduits sont des petits canaux en pierres, en briques ou en tuiles : or, d'après ce que nous avons dit dans le premier paragraphe de ce chapitre, la forme de leur section n'est pas indifférente. Ainsi, une section carrée (fig. 77) donnera,

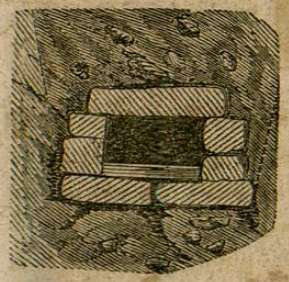

Fig. 77.

Fig. 78.

à égalité de section et de pente, une vitesse moindre que la section demi-circulaire (fig. 78), et enfin la section triangulaire (fig. 79) offre l'avantage d'une vitesse notable, quelque faible que soit le volume d'eau à écouler : ce sont donc ces deux dernières sections que l'on doit adopter autant que possible. Les tuyaux sont actuellement employés pour la presque totalité des drains; quelques grands collecteurs seront parfois exécutés en pierres, mais seulement dans des cas exceptionnels.

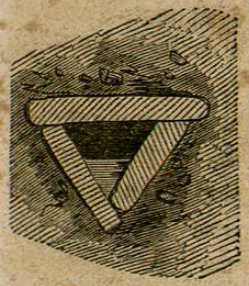

Fig. 79.

CHAPITRE V.

De l'établissement d'un plan de drainage.

§. 1. — CONVENTIONS ADOPTÉES.

Le tracé et le relevé des courbes horizontales et des limites de la pièce à drainer étant terminé sur le terrain, on fait le dessin, ordinairement à l'échelle de 1 millimètre par mètre.

Les limites des pièces de terre seront représentées par un trait ponctué formé de petites croix +++++++

Les horizontales réelles par un ponctué en points ronds.....

Les horizontales redressées par une ligne ponctuée en points longs — — — — — —

Les tuyaux de déssèchement de 0,025 millimètres seront représentés par un simple trait plein et fin

Les tuyaux de 0,030 millimètres par un trait plus fort, plein

Fig. 80.

Les tuyaux de 0,040 millimètres par un gros trait, plein

Les tuyaux de 0,050 millimètres par un double trait fin

Les tuyaux de 0,060 millimètres par un double trait moyen

Les tuyaux de 0,075 millimètres par un double trait gros ce qu'indique la fig. 80.

Les tuyaux d'un diamètre plus considéra-