

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome I, fascicule 5.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. — T. I, aflevering 5.

INSTALLATIONS SANITAIRES

ET

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES

AU

CONGO BELGE

PAR

E. DEVROEY

INGÉNIEUR EN CHEF HONORAIRE AU CONGO BELGE,
ANCIEN MAJOR DE RÉSERVE DU GÉNIE DE LA FORCE PUBLIQUE,
CONSEILLER TECHNIQUE AU MINISTÈRE DES COLONIES,
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE COLONIALE,
MEMBRE ASSOCIÉ DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.



BRUXELLES

Librairie Falk fils,

GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,

22, Rue des Paroissiens, 22.

—
1939



ERRATA.

Page 9, renvoi ⁽¹⁾, *au lieu de* : chiffres pour 1938, *lire* : chiffres pour 1937.

Page 53, la figure 13 doit être tournée de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



INSTALLATIONS SANITAIRES
ET
ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES
AU
CONGO BELGE

PAR

E. DEVROEY

INGÉNIEUR EN CHEF HONORAIRE AU CONGO BELGE,
ANCIEN MAJOR DE RÉSERVE DU GÉNIE DE LA FORCE PUBLIQUE,
CONSEILLER TECHNIQUE AU MINISTÈRE DES COLONIES,
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE COLONIALE,
MEMBRE ASSOCIÉ DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.

Mémoire présenté à la séance du 27 janvier 1939.

INSTALLATIONS SANITAIRES
ET
ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES
AU
CONGO BELGE

INTRODUCTION.

Tous ceux qui ont vécu sous les tropiques savent à quel degré l'évacuation des déchets domestiques et immondices de toute nature constitue un point essentiel de la salubrité publique, car, sous l'influence du climat, cette évacuation ne peut souffrir aucun retard. On ne peut d'ailleurs, en général, se contenter d'éloigner les déchets; il faut les rendre inoffensifs par un traitement approprié.

Aux colonies, les déchets comprennent surtout les ordures ménagères, les détritrus d'abattoirs et les produits de vidanges.

Dans la présente communication, nous ne nous occupons que de ces derniers.

DIVERS SYSTEMES D'INSTALLATIONS SANITAIRES COLONIALES.

Pour satisfaire ses besoins, l'indigène se contentait, autrefois, d'une promenade matinale dans la brousse, à proximité immédiate de sa hutte. Actuellement, beaucoup de villages, même les plus reculés, sont pourvus de latrines, la plupart du temps, de simples trous creusés dans le sol et surmontés tant bien que mal par une paillotte. Ce système, dit *fosse arabe* en Afrique, et qui dérive du « siège à la terre » français, est encore utilisé par des Européens installés dans les petits postes de l'intérieur.

Le pouvoir absorbant de la fosse arabe est mis à profit dans d'autres régions tropicales, par exemple aux Indes néerlandaises et à Manille, où l'on emploie depuis plusieurs années des *latrines à trou foré*. Elles consistent en une excavation cylindrique très profonde (5 à 6 m.) et de faible diamètre (40 cm.), creusée à l'aide d'une tarière à cuiller du modèle dont on se sert pour planter les poteaux des lignes téléphoniques. Ces latrines ne dégagent aucune odeur et ne se prêtent pas à la reproduction des mouches, car on pose sur le trou une dalle en ciment supportant une cuvette de W. C. avec ou sans siphon hydraulique. Des trous forés datant de trois ans et utilisés par un millier d'écoliers ont encore leur niveau à 4^m50 du sol (1).

Dans les camps de travailleurs du Congo belge et du Ruanda-Urundi, surtout dans les camps provisoires et notamment les camps routiers, le système de latrines le plus simple et le plus pratique à la fois à installer et à entretenir est constitué par la *fosse fumante*, qui s'est largement développée depuis que nos officiers et nos médecins en ont appris les principes au cours de la campagne victorieuse de nos troupes dans l'Est-Africain allemand.

La fosse fumante (fig. 1) est essentiellement une tranchée où l'on entretient un courant de fumée produite par un foyer rustique ou un simple récipient dans lequel on fait brûler des herbes ou des branchages verts et feuillus. Voici quelques règles pour la construction, d'après les directives que nous avons tracées, à cet effet, dans l'*Aide-Mémoire des Travaux Publics* (2) à l'usage du personnel de l'Administration coloniale.

1. Ouvrir la fosse dans un terrain reconnu perméable et filtrant (terre poreuse, légère et sèche).

(1) *Bulletin de l'Office International d'Hygiène publique*, 1936, p. 1612.

(2) Cet *Aide-Mémoire* est tenu à jour par des addenda successifs. On peut se le procurer au prix de 25 francs, en s'adressant au Service des Travaux publics du Gouvernement général, à Léopoldville-Kalina.

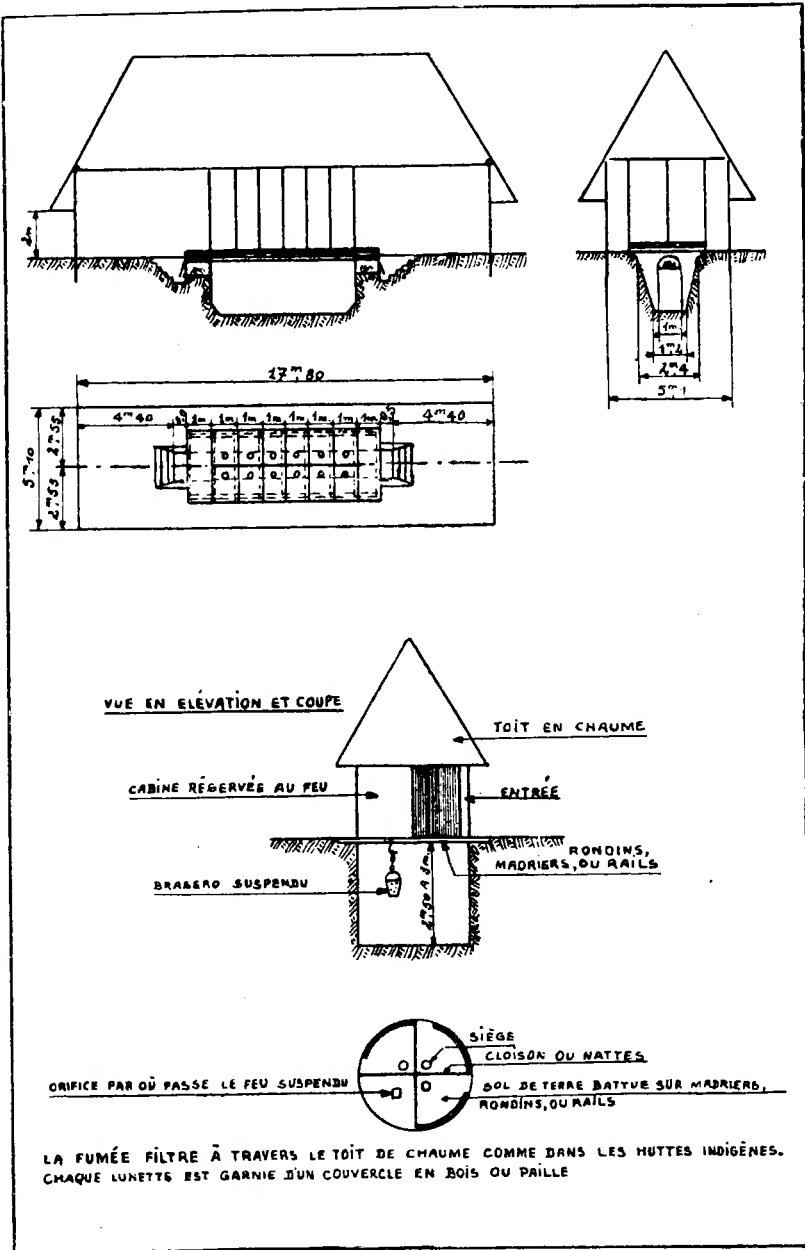


FIG. 1. — Fosses fumantes.

2. Délimiter la surface d'emprise de la fosse : la longueur maximum ne doit pas dépasser 8 m.; la largeur fixe est de 3 m., battées comprises.

3. Creuser la fosse en donnant les dimensions suivantes :

ouverture entre arêtes supérieures	
des parois	2 ^m 40
profondeur	2 ^m 40 au moins
largeur au fond	1 ^m 20.

4. Creuser les foyers, un à chaque extrémité de la fosse, comme l'indique la figure 1.

5. Aménager à même la terre un escalier donnant accès à chaque foyer.

6. Aménager sur chacun des bords de la fosse une battée destinée à recevoir les « sablières » sur lesquelles viennent reposer les solives recevant à leur tour le plancher de la fosse; sablières et solives sont constituées par de simples rondins droits et sans défauts.

7. Mettre les sablières en place, puis les solives entaillées au préalable pour bien s'ajuster aux sablières sous-jacentes, dont elles doivent maintenir la position.

8. Aménager le plancher sur les solives. Ce sera un revêtement en terre ou en clayonnage dans lequel sont percés des trous, ainsi que le montre la figure.

9. Séparer par des cloisons appropriées chaque ouverture pratiquée dans le plancher.

10. Recouvrir le tout par un toit sommaire en paille ou établir simplement une clôture formant écran.

Les précautions suivantes permettront d'éviter bien des ennuis :

1. Empêcher les eaux de ruissellement de venir se déverser dans la fosse.

2. Couvrir le foyer d'une hotte (toit arabe) pour augmenter le tirage.

3. Pendant les heures de travail, fermer avec des bou-

chons de paille les trous situés près des foyers, afin d'appeler la fumée vers les ouvertures qui en sont éloignées.

4. Relever l'âtre du foyer par des moyens appropriés au cas où l'imperméabilité relative du sol provoque la retenue des matières dans la fosse.

Pour une petite installation de deux ou trois ouvertures, on peut se contenter de descendre dans la fosse un récipient quelconque (seau, touque à essence vide) dans lequel on fait brûler des herbes humides dégageant beaucoup de fumée (fig. 1).

Dans certains postes (Albertville), le principe de la fosse fumante a été appliqué aux cabinets d'aisances des Européens.

On utilise encore le système des *latrines à tinettes*. Avec un modèle de siège dont le couvercle comprend un dispositif projetant par basculement, après chaque usage, une certaine quantité de matière pulvérulente et absorbante (son, sciure de bois, poussière tamisée), et moyennant une surveillance sévère dans le service de remplacement et d'entretien des tinettes, ce procédé peut donner satisfaction. La figure 2 représente un camp de vidange de tinettes d'une grande ville de l'Afrique du Sud, Kimberley, que nous avons eu l'occasion de visiter en 1922. On constate que la propreté est parfaite. La municipalité dispose d'un double jeu de tinettes, celles-ci étant remplacées chaque nuit. Le service se fait avec trois chars :

Un premier (A), légèrement construit, distribue les tinettes propres;

Un second (B) comprenant un réservoir métallique avec couvercle (pouvant être fermé hermétiquement) et bonde de vidange actionnée par manivelle, reçoit le contenu des tinettes ayant servi pendant la journée;

Un troisième enfin, du même modèle que le premier, emporte les tinettes souillées. A l'arrivée au camp, les chars B passent sur une plate-forme cimentée C bordée de chaque côté par un regard communiquant avec un collec-

teur à eau courante. La bonde du réservoir étant ouverte, le contenu s'écoule sur la plate-forme, d'où, dilué par de l'eau sous pression, il est envoyé dans les regards du collecteur. Les réservoirs sont nettoyés par un jet de vapeur et passés à la créoline. Les tinettes ne sont pas désinfectées; elles sont simplement frottées à la brosse dans quatre bassins en béton D dont l'eau est chauffée à la vapeur; pour prolonger leur durée, on combat l'action corrosive de l'acide urique résistant au lavage à l'eau chaude, en essuyant la surface intérieure avec un chiffon imbibé d'huile. Toutes ces opérations se font pendant la nuit; pour 3.000 tinettes, on utilise 10 m³ d'eau par jour.

A Elisabethville, où le système des tinettes a été en usage jusqu'en 1928, le contenu était enterré dans des tranchées recouvertes chaque jour d'une nouvelle couche de terre.

Malgré les perfectionnements apportés aux installations domestiques que nous venons de décrire et qui fonctionnent toutes par voie sèche, on parvient difficilement à éliminer les odeurs et il est donc indispensable de construire le cabinet à une distance suffisante des pièces d'habitation. Cette disposition présente de sérieux inconvénients pour l'Européen et l'on s'est ingénié à y remédier par des dispositifs à action chimique et surtout par ceux à voie humide ou water-closets à chasse d'eau.

Bien qu'introduites par de très sérieuses firmes commerciales, les fosses à action chimique — très répandues aux États-Unis et aussi en Afrique du Sud — n'ont pas eu de succès au Congo. La liquéfaction et la désodorisation des déjections s'y effectuent par contact avec des produits vendus par les fabricants, généralement des lessives alcalines très concentrées, qui doivent être renouvelés à intervalles plus ou moins longs. Leur approvisionnement au Congo est d'autant plus difficile que les régions où leur emploi s'indique le mieux sont situées plus loin des centres commerciaux. Pour un ménage de quatre ou cinq personnes, la « fosse » à action chimique comporte un cylindre



FIG. 2. — Camp des vidanges (Kimberley, 20 octobre 1922).

métallique de 500 litres environ, que l'on charge, avant usage, de 12 kilos de soude en paillettes, dilués dans 30 litres d'eau. Cette dose suffit, d'après les prospectus, pour un an, après quoi il faut vidanger. En cas d'odeur, on ajoute de la soude, mais jamais d'eau. Le cylindre métallique est muni d'un tuyau d'aération et d'un agitateur à palettes qui doit être actionné de temps en temps.

Dans le domaine qui nous préoccupe, la solution idéale est fournie, comme en Europe, par la pratique du « tout à l'égout » et les *W. C. à chasse*, mais pour cela, il faut d'abord un réseau de distribution d'eau, et en dehors des grands centres de la Colonie, les agglomérations qui en sont pourvues ne sont pas encore nombreuses. Le tableau suivant en fournit la liste, de même que les consommations journalières moyennes totales et par tête d'habitant qui y furent enregistrées au cours de l'année 1938 :

*Consommations journalières moyennes en 1938
des distributions d'eau en service au Congo belge.*

	M ³ .	Soit litres par	
		Européen.	Indigène.
Boma... ..	297	226	34
Matadi	580	350	36
Thysville ⁽¹⁾	270	—	—
Léopoldville	2.140	265	33
Coquilhatville	406	138	35
Stanleyville	200	171	7
Port-Francqui ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ...	13	—	—
Jadotville ⁽¹⁾	243	—	—
Élisabethville ⁽¹⁾	1.342	—	—

Les distributions de Boma, Matadi, Léopoldville, Coquilhatville et Stanleyville sont exploitées par la Régie des Distributions d'Eau de la Colonie (Regideso). Pour les Européens, le prix, fixé à 5 francs le mètre cube en 1934,

⁽¹⁾ Chiffres pour 1938.

⁽²⁾ Service public seulement.

est tombé progressivement à 4 francs le mètre cube ⁽¹⁾. Dans les cités indigènes, l'eau est fournie gratuitement aux autochtones. Cette initiative, due à la Regideso, est particulièrement favorable à l'hygiène des populations, tant indigènes qu'européennes, car il est bien évident que toute amélioration dans la situation sanitaire des agglomérations indigènes constitue une sauvegarde supplémentaire pour les centres européens avoisinants ⁽²⁾.

Élisabethville seule est desservie par un système d'égouts véhiculant les produits des W. C. Mais en de très nombreux endroits de la Colonie et du Ruanda-Urundi, il a été possible d'assurer aux Européens le bénéfice du cabinet à chasse au moyen d'une alimentation en eau souvent réduite à sa plus simple expression et en recueillant les matières fécales dans des fosses individuelles de construction aisée, où elles sont transformées et suffisamment épurées pour ne plus présenter aucun danger.

Avant de décrire les dispositifs mis en œuvre ou préconisés au Congo, nous rappellerons rapidement quelques principes théoriques régissant la technique de l'épuration des eaux usées en général, et nous dirons enfin quelques mots du réseau d'égouts d'Élisabethville, dont nous avons eu le privilège de pouvoir dresser le projet, après une mission d'études dans les principales villes de l'Afrique du Sud.

GENERALITÉS SUR L'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES.

On entend par *eaux usées* ou *eaux résiduaires* l'ensemble des eaux souillées par les résidus de la vie de l'homme et des animaux, et les déchets des diverses activités humaines.

(1) Pour les industriels, le prix varie de 0,80 fr. à 1,80 fr., suivant l'importance de la consommation.

(2) Les extensions des réseaux de distribution d'eau dans les cités indigènes ont permis de combler environ 2.000 puits individuels, qui constituaient anciennement des endroits propices à la prolifération des moustiques.

On distingue ainsi les *eaux-vannes* (cabinets d'aisances), les *eaux ménagères* (cuisines, soins de propreté, nettoyage de l'habitation, lavage du linge), les *eaux industrielles* (usines). Toutes ces eaux sont généralement évacuées par des canalisations et les Anglais les englobent sous la dénomination de *sewage*, du mot « sewer » qui signifie égout. En France, beaucoup de techniciens sanitaires ont adopté cette dénomination, qu'ils prononcent « sévage », mais on tend actuellement à généraliser le terme d'effluent urbain.

L'état d'une eau résiduaire se définit par sa concentration physique, sa composition chimique et la condition biologique dans laquelle elle se trouve.

Les eaux résiduaires contiennent :

a) Des matières organiques (albumine, urine, tissus animaux, déchets végétaux ou industriels, etc.);

b) Des matières inorganiques (azote, potasse et soude, phosphates, sables et produits d'usure,...);

c) Des micro-organismes ou bactéries dont certains, dits pathogènes, peuvent transmettre des maladies à l'homme ou causer des désordres morbides dans son organisme, et d'autres, dits saprophytes, interviennent utilement dans la transformation du *sewage*.

Les matières inertes organiques et inorganiques se trouvent en suspension, en solution, ou à l'état colloïdal.

Dans le traitement des eaux résiduaires, le terme *épuration* ne doit pas être pris dans un sens absolu, car épurer une eau d'égout ne consiste pas à la transformer en une eau pure ⁽¹⁾; il s'agit seulement de la rendre moins impure, en la débarrassant des matières pouvant causer de l'incom-

(1) A noter cependant que l'agglomération de *Los Angeles*, dont la population est passée de 540.000 âmes en 1910 à 3.000.000 en 1936, s'est vue contrainte de recourir, pour son alimentation, à un complément de 250.000 mètres cubes d'eau par jour provenant de l'épuration de l'effluent de ses égouts (*Génie civil* du 28 février 1939, p. 151).

De même, au deuxième Congrès international de Technique sanitaire

modité ou de l'insalubrité pour les êtres humains, les animaux et les végétaux vivant à proximité des endroits choisis pour l'évacuation. En d'autres termes, l'épuration sera jugée suffisante lorsque l'effluent ne peut plus altérer l'état du sol ou des eaux où on le rejette. Il en sera ainsi, par exemple, lorsqu'il ne renferme pas un excès de matières en suspension et lorsqu'il est déversé dans un cours d'eau à grand débit relatif dont il ne modifie pas sensiblement les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques.

L'épuration comprend diverses opérations :

- a) l'enlèvement des corps volumineux;
- b) la précipitation des matières minérales;
- c) la décomposition des matières organiques;
- d) la réduction des boues;
- e) éventuellement la désinfection des effluents.

Les procédés auxquels il est recouru peuvent être :

- a) mécaniques (filtres et cribles, décanteurs, centrifugateurs);
- b) physiques (chaleur, électricité);
- c) chimiques (chlore et ses composés, chaux, sels ferriques);

et d'Hygiène urbaine, Karl Imhoff, l'une des plus hautes sommités en la matière, n'hésitait pas de déclarer, à propos de l'alimentation en eau potable de la Ruhr :

« Il n'y a aucun inconvénient à épurer et réemployer jusqu'à dix fois l'eau d'égout des villes. Cela signifie, ajoutait-il, qu'une ville n'a besoin, pour s'alimenter en eau, que du dixième du volume utile provenant de l'eau usée. La ville n'a donc qu'à amener, comme eau pure naturelle, 10 % du volume nécessaire, plus le volume perdu par évaporation. Elle peut couvrir le reste de ses besoins par l'utilisation de ses propres eaux d'égout. »

Mais, comme disent les frères Daniel, qui rapportent le fait dans leur magnifique ouvrage en deux volumes : *Arts et Techniques de la Santé* (Ed. Doin, Paris, 1937, t. I, p. 239), — et nous nous rangeons entièrement à cet avis, — une telle assurance ne nous dit rien qui vaille.

d) biologiques : naturels (épandage avec ou sans cultures, déversement dans des étangs à poissons) ⁽¹⁾ ou artificiels (fosses septiques, lits bactériens);

e) combinés, par exemple, dans le traitement par les boues activées (insufflation ou agitation).

*
**

Nous nous occuperons surtout de l'*épuration par voie biologique artificielle* dont le but est de transformer les matières organiques putrescibles en principes minéraux et gazeux, d'où le nom de minéralisation donné à ces opérations.

L'action biologique se manifeste sous l'influence de *bactéries anaérobies* (pouvant vivre à l'abri de l'air) dans la putréfaction ou digestion liquéfiant les solides et gazéifiant les liquides. La décomposition chimique s'opère par oxydation (au contact de l'air) et aboutit à la formation de composés stables à la faveur de *bactéries aérobies* (nécessitant la présence d'air libre).

Les eaux d'égout contiennent deux sortes de matières organiques :

a) Les substances ternaires ou hydrates de carbone, tels que celluloses, débris ligneux, amidons, etc., sur lesquels agissent surtout les microbes anaérobies. Ces micro-organismes empruntent l'oxygène qui leur est indispensable aux matières mêmes qu'ils désintègrent et en dégagent des gaz (hydrogène, acide carbonique, méthane, ...);

(1) L'*épuration par les poissons*, connue sous le nom de procédé du Docteur Hofer, consiste à envoyer les eaux d'égout, après tamisage grossier et dilution dans deux fois leur volume d'eau de rivière brute, dans des étangs où des poissons, principalement des carpes, se nourrissent, non des déchets amenés par l'effluent, mais des organismes qui se développent à leur profit. Le rendement est de 1.000 kilos de carpes à l'hectare, superficie nécessaire pour 2.000 habitants (PAUL RAZOVS, Le traitement des eaux usées, dans le *Génie civil* du 8 août 1936, p. 123).

b) Les substances quaternaires, qui contiennent, en plus de l'azote, du soufre, etc., et qui comprennent tous les déchets d'origine animale (déjections, albumine, viandes). Elles sont décomposées en deux phases : la phase ammoniacale ou hydrolyse ou encore anaérobie, et la phase de nitrification ou d'oxydation, appelée aussi aérobie ⁽¹⁾. Les substances quaternaires sont dissociées d'abord par les anaérobies en composés azotés solubles (amines, amides) qui passent ensuite, sous l'action des ferments nitrificateurs aérobie, à l'état de nitrites d'abord et enfin de nitrates inoffensifs.

Cette oxydation ou purification est analogue à celle qui s'effectue à un rythme accéléré par la combustion : dans les deux cas, on se débarrasse définitivement des matières organiques nocives.

En somme, les procédés d'épuration biologique cherchent à provoquer, sur des espaces restreints, et à stimuler les phénomènes naturels par lesquels les substances azotées, digérées par les microbes, sont transformées en produits gazeux et en sels minéraux, assimilables par les végétaux, lesquels sont absorbés directement (herbivores) ou indirectement (carnivores) par les animaux. Ces échanges entre les trois règnes de la nature (minéral, végétal et animal) sont connus sous le nom de *cycle de l'azote*.

Les diverses phases de ce cycle se retrouvent dans le phénomène d'*auto-épuration* que l'on observe dans toute eau polluée exposée à l'action combinée de la lumière, de l'oxygène et des organismes vivants. La dilution favorise l'auto-épuration et les autorités anglaises admettent, par exemple, le déversement direct des eaux d'égout dans un cours d'eau, à condition que la dilution atteigne de 130 (pour des sewages peu chargés) à 1.200 (pour des sewages très concentrés).

⁽¹⁾ D'après le Docteur IMBEAUX, *Applications de la biologie à l'art de l'ingénieur* (Éd. Dunod, Paris, 1922, 151 pages).

Plusieurs procédés d'épuration sont basés sur ce principe. Citons le procédé R. A. Henry, qui a reçu plusieurs applications en Belgique, et notamment à la station expérimentale de l'État pour l'épuration des eaux de l'Espierre. Il consiste à rétablir l'équilibre de l'auto-épuration en enlevant à l'effluent toutes les boues qu'il contient et à déshydrater celles-ci en les rendant imputrescibles (1).

CONDITIONS REQUISES AU CONGO.

On connaît les campagnes menées en Belgique contre la pollution scandaleuse de nos cours d'eau dans lesquels on déverse sans aucune précaution les déjections de la population la plus dense du monde et les résidus de nos innombrables usines. Des protestations énergiques, élevées principalement par les pêcheurs à la ligne, ont amené la création, par arrêté royal du 22 mars 1934, de l'*Office d'Épuration des Eaux usées*, rattaché au Ministère des Travaux publics, et qui, de ce fait, voit malheureusement son action limitée aux seuls cours d'eau navigables. Néanmoins, cet Office a pu obtenir en peu d'années des réalisations fort intéressantes par l'établissement de nombreuses stations (Athus, Bertrix, Bruges, Herve, Tervueren, Tongres, etc.). Au surplus, M. le Ministre Merlot, à une séance de la Chambre en mars 1938, a renouvelé l'assurance qu'un règlement judiciaire serait élaboré pour protéger plus efficacement qu'aujourd'hui les cours d'eau navigables ou non du pays. Les conditions actuellement imposées aux industriels sont, en effet, tellement vagues et générales qu'elles restent ordinairement lettre morte (2).

(1) Voir *La Technique des Travaux* d'octobre 1936, pp. 539-550.

(2) Un projet de loi doit être soumis incessamment aux Chambres, pour mettre l'État à même de prescrire aux communes les mesures d'assainissement indispensables.

Pour en revenir au Congo, le danger de pollution s'y présente évidemment sous un tout autre aspect, mais afin de ne pas construire sans raison des installations coûteuses, on aura toujours à la mémoire la question suivante :

Où et dans quelle mesure faut-il épurer ?

Dans ce qui suit, nous limiterons notre examen au produit des latrines.

Premier cas. — Aucune épuration n'est nécessaire.

Il ne vient à l'idée de personne d'envisager l'épuration des eaux-vannes sortant d'un bateau naviguant sur le fleuve Congo ou ses affluents. De même, lorsque des installations sanitaires se trouvent au bord d'une rivière à grand débit à l'aval d'un lieu habité et de tous lavoirs, abreuvoirs, etc., et lorsqu'il n'y a aucun danger de contre-courant, il arrive souvent que l'on construise ces installations sur pilotis ou sur supports flottants, et nul ne songe, dans ce cas, à une épuration bien inutile. On ne concevrait pas non plus qu'on exigeât une épuration quelconque lorsque les latrines se trouvent à quelque distance de la rive et que leurs produits peuvent être conduits au fleuve par un égout bien établi et y débouchant dans les conditions énumérées plus avant. Tout au plus favorisera-t-on l'écoulement en liquéfiant préalablement les matières dans une fosse à digestion.

Deuxième cas. — Une épuration partielle est nécessaire.

C'est le cas de l'effluent d'une fosse se déversant vers un cours d'eau de débit insuffisant, ou recueilli dans un puits perdu établi dans un terrain perméable à travers lequel on peut redouter la contamination de terrains voisins (cultures), de sources ou de puits servant à l'alimentation.

On sait que le sol est un excellent nitrificateur et il peut donc continuer l'épuration commencée. Mais son action est lente : à Paris, on ne traite, sur les champs d'épandage,

qu'une dizaine de litres d'effluent par mètre carré et par jour; à Berlin, on ne dépasse guère le tiers de ce chiffre ⁽¹⁾. La nécessité de poursuivre l'épuration et le degré d'épuration à obtenir sont donc questions d'espèce.

Troisième cas. — Il faut une épuration aussi complète que possible.

La dépense que représente une bonne épuration s'impose quand l'accumulation des déchets peut constituer un danger, par exemple dans les installations situées au milieu ou à proximité d'une agglomération européenne ou indigène, lorsque la contamination est à craindre à travers le terrain ou lorsque, le sol étant imperméable, il faut laisser s'écouler l'effluent sur un terrain en contre-bas autour duquel il n'est pas possible de réserver une zone de protection sanitaire. Le technicien devra alors concevoir une installation satisfaisant aux exigences que le Service médical aura précisées. Disons à ce propos que la tendance actuelle est de ne pas s'en tenir à des normes à priori mais bien, pour des raisons d'économie, d'adapter la perfection du traitement aux circonstances locales ⁽²⁾.

FOSSES SEPTIQUES ET FILTRES BACTÉRIENS.

Au Congo belge et au Ruanda-Urundi, la plupart des installations d'épuration comprennent à la fois une fosse septique ou chambre de digestion et un lit percolateur ou filtre bactérien. En vue de faire connaître le but et le fonctionnement de chacun de ces organes, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire les termes mêmes des *Instructions du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de*

(1) La loi anglaise exige au moins un acre de terrain d'épandage pour 100 habitants, ce qui correspond à 40 mètres carrés par habitant.

(2) Voir le Compte Rendu de la Conférence de l'Union Internationale des Villes, tenue à Glasgow en septembre 1938, par EDM. LECLERC et A. GOBEAUX, dans la *Revue Universelle des Mines* de février 1939, pp. 78-81. (Ajouté pendant la correction des épreuves.)

France ayant fait l'objet de la circulaire ministérielle du 22 juin 1925 :

Les fosses septiques épuratrices sont des appareils destinés à réaliser, par des processus biologiques particuliers, la collecte, la désintégration, l'épuration et l'évacuation des matières excrémentielles contenues dans les eaux usées des habitations.

Ces appareils remplacent avantageusement, au point de vue sanitaire, les fosses fixes, parce qu'ils suppriment l'opération de la vidange, parce qu'ils entraînent l'usage obligatoire de chasses d'eau avec siphons intercepteurs hydrauliques et parce que, s'ils sont convenablement établis, ils s'opposent à la fois à la pullulation des mouches et à la diffusion des mauvaises odeurs provenant des matières fécales accumulées.

Leur utilisation ne peut, toutefois, être recommandée ou tolérée que dans les habitations isolées à la campagne, ou dans des localités non pourvues d'un réseau de tout-à-l'égout et à condition qu'ils soient construits en tenant rigoureusement compte des règles suivantes :

Chaque appareil comprendra au moins deux éléments distincts indispensables : l'élément collecteur et liquéfacteur (fosse septique), et le lit bactérien ou élément épurateur.

1° L'élément collecteur et liquéfacteur (*fosse septique*) doit être pourvu de dispositifs appropriés à la rétention, à la décantation et à la liquéfaction, par processus microbien, des matières excrémentielles solides en suspension.

Les chasses d'eau successives qui y envoient ces matières ne doivent pas y déterminer de remous violents.

Les gaz malodorants qu'y produit le travail microbien doivent être évacués aussi haut que possible sur les toitures.

Si l'élément collecteur et liquéfacteur (*fosse septique*) doit desservir de un à dix usagers au plus, sa capacité volumétrique sera, au minimum, de 250 litres par usager

dans le cas où les eaux de water-closets y sont seules admises; de 500 litres, s'il reçoit aussi les eaux ménagères (eaux de cuisine et de toilette, à l'exclusion des eaux de bains). En aucun cas, les eaux de bains, de buanderie ou de lessive, de pluies des toitures, ou de lavage des cours, ne doivent y avoir accès. Celles-ci seront collectées et évacuées à part dans les filets d'eau, les ruisseaux, ou dans le sol, par des canaux appropriés ⁽¹⁾.

En seront également écartées les eaux résiduaires industrielles ou autres, contenant une proportion de substances antiseptiques suffisante pour gêner les processus de fermentation ⁽²⁾.

La capacité volumétrique des fosses septiques destinées à desservir plus de dix personnes sera en rapport avec le nombre d'usagers et avec la nature des eaux qui y seront admises.

L'élément collecteur sera pourvu de dispositifs permettant d'en effectuer facilement la visite intérieure et, s'il y a lieu, la vidange.

Le volume d'eau formant chacune des chasses d'évacuation des W.C. devra être au minimum de 6 litres et il sera fait en sorte que, dans l'ensemble de la fosse, la concentration des matières organiques transformables en ammoniacque par les fermentations qui s'y accomplissent n'excède pas le taux de 200 milligrammes d' AzH^4 par litre. Si cette concentration se trouvait notablement dépassée, il faudrait augmenter le volume d'eau des chasses, c'est-à-dire la dilution des matières, faute de quoi les processus de désintégration microbienne ne s'accompliraient qu'imparfaitement ⁽³⁾.

(1) Au Congo, on déverse les eaux de bains directement dans un puits perdu creusé en terrain très perméable ou rempli de matériaux poreux.

(2) Une des causes les plus fréquentes du mauvais fonctionnement des fosses septiques au Congo réside précisément dans le fait que certains Européens font jeter du désinfectant dans les cuvettes de W. C.

(3) Pour les indigènes, il faut admettre dans la fosse septique une quantité de liquide d'au moins 25 litres par jour et par usager.

2° L'élément épurateur (*lit bactérien*) est le facteur principal du bon fonctionnement de tout appareil. Constitué par une accumulation, en épaisseur convenable, de matériaux poreux résistant à l'écrasement et au tassement, ou par des corps chimiques favorisant les phénomènes d'oxydation des matières organiques dissoutes, il doit être aménagé de telle sorte que soient rendus très aisés :

a) La pénétration de ces matériaux dans toute leur masse par l'air pris au voisinage du sol;

b) L'évacuation au dehors, de l'acide carbonique produit par le travail microbien;

c) Le prélèvement d'échantillons de l'effluent épuré à la sortie de l'appareil;

d) L'accès et la visite intérieure de celui-ci, ainsi que le remplacement éventuel des matériaux dont il est formé.

Les liquides provenant de l'élément collecteur et liquéfacteur (fosse septique) et ne contenant plus, ou à peu près, que des matières organiques dissoutes, doivent être distribués automatiquement et par intermittence, autant que possible en pluie ou en lames minces, sur toute la surface des matériaux du lit d'oxydation, en évitant le ruissellement direct le long des parois.

Cette surface sera, pour une épaisseur normale de 1 mètre des matériaux du lit, de 1 mètre carré au moins par dix habitants usagers. Dans les plus petits appareils, elle ne pourra être inférieure à un demi-mètre carré de surface et, si l'épaisseur des matériaux est réduite, la surface devra être accrue en proportion.

Toutefois, des dispositifs présentant des caractéristiques différentes de celles qui précèdent peuvent être admis s'ils fournissent des résultats d'épuration équivalents.

.....

Tout propriétaire d'une fosse septique épuratrice ou d'un appareil analogue peut apprécier lui-même, à tout

instant, d'une façon approximative, mais le plus souvent suffisante, l'efficacité de l'épuration réalisée par cet appareil. Il lui suffit de prélever un échantillon d'effluent d'environ 150 gr. dans un flacon de verre blanc bouché à l'émeri. Si, immédiatement après son prélèvement, d'une part, et après qu'il a été conservé sept jours à une température voisine de 30°, d'autre part, le contenu de ce flacon, lorsqu'on vient à le déboucher, ne dégage qu'une légère odeur de vase ne rappelant en rien celle des putréfactions, on peut en conclure que l'appareil fonctionne normalement et que l'épuration est satisfaisante.

Les conditions d'une bonne épuration ont été précisées comme suit par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, dans une circulaire ministérielle du 1^{er} mai 1933, qui a reçu force de loi par décret du 31 octobre 1935:

1° L'eau épurée ne contiendra pas plus de 30 mgr. de matières organiques en suspension par litre;

2° Après filtration sur papier, la quantité d'oxygène que l'eau épurée emprunte au permanganate de potasse, en trois minutes, restera sensiblement constante avant et après sept jours d'incubation, à la température de 30°, en flacon bouché à l'émeri;

3° Avant et après sept jours d'incubation à 30°, l'eau épurée ne dégagera aucune odeur putride ou ammoniacale;

4° Elle ne renfermera aucune substance susceptible d'intoxiquer les poissons et de nuire aux animaux qui s'abreuvraient dans le cours d'eau où elle est déversée;

5° L'eau épurée décantée ne devra pas absorber en 5 jours, à 18°, plus de 40 mgr. d'oxygène dissous par litre.

CALCUL DES DIMENSIONS.

L'homme ingère en moyenne 1.100 grammes de boissons par jour, plus la vapeur d'eau de l'air et 900 grammes

d'aliments dits solides; il excrète 50 grammes d'eau par les fèces, 500 par les poumons, 800 par la peau et 1.150 par l'urine.

En prenant la moyenne des chiffres fournis par plusieurs auteurs (Frankland, Heiden, Chassevant, Gautié), la *quantité de déchets* produits par un être humain serait de 35 kg. de matières fécales et de 425 kg. d'urine par an. En admettant 50 % d'eau dans les fèces et 30 gr. de matières organiques dans l'urine, on arrive à environ 80 gr. de matières organiques rejetées par homme et par jour.

Dans les W. C. à chasse individuelle, il faut compter sur quatre chasses de douze litres, soit environ 50 litres par tête et par jour, et dans les installations à chasse automatique, il est indispensable de régler les apports de façon à obtenir une dilution d'au moins 25 litres par tête et par jour.

Le *rendement d'une installation d'épuration* bien utilisée dépend de nombreux facteurs, principalement de la température et des durées de rétention des liquides qu'on y admet. En d'autres termes, pour des circonstances locales identiques (habitudes des usagers, température), le rendement d'une installation est fonction de ses *dimensions*.

En ce qui concerne les *fosses septiques*, il résulte des avis concordants de nombreux auteurs, basés sur des expériences faites notamment aux Indes, que, sous les Tropiques, la durée de séjour minimum dans la fosse doit être de 60 heures ⁽¹⁾ à 72 heures ⁽²⁾.

Ces éléments conduisent à donner à la fosse septique des dimensions correspondant à une capacité de 120 litres par usager (installations à chasse individuelle) et de 60 litres par usager en cas de chasses automatiques.

Dans les très petites installations, une maison par exem-

(1) TEMPLE, *Sewage Works* (Ed. Crosby Lockwood & Son, Londres, 1927).

(2) CLEMESHA, *Sewage Disposal in the Tropics* (Ed. W. Thacker & Co., Londres, 1910).

ple, l'irrégularité des apports conduit à augmenter le chiffre de 120 litres par usager et à adopter des capacités d'au moins 200 litres par usager.

Ces chiffres sont sanctionnés par l'expérience de toutes les installations qui fonctionnent bien au Congo.

Lorsque les installations sont fréquentées par des usagers non permanents, par exemple pour une école, on peut s'en tenir à des chiffres compris entre le quart et la moitié de ceux que nous venons de citer. Le problème se complique encore dans le cas de gares, marchés, etc., où les latrines sont utilisées par à-coups, la difficulté résidant surtout dans l'estimation convenable du nombre d'usagers.

Ayant calculé la capacité de la fosse, on déterminera ses trois dimensions comme suit :

Pour les petites installations, la fosse sera de forme ramassée, à peu près cubique, qui est la moins chère à construire. Pour les fosses plus importantes, on adoptera la forme d'un rectangle assez allongé, afin d'éviter la stagnation des liquides — et par conséquent les dépôts solides — dans les coins; ce, pour ne pas diminuer la capacité utile de la fosse et empêcher les fermentations excessives qui nuisent au bon fonctionnement.

En pratique, on donnera à la fosse une profondeur de 1^m50 à 2 m. et des dimensions horizontales telles que le rapport de la longueur à la largeur soit compris entre 5 (Clemesha) et 8 (Temple). Nous conseillons 8 dans le cas d'une épuration plus poussée. La largeur minimum est de 60 cm., afin de permettre les opérations de curage.

On évitera les dimensions excessives — plus de 30 m. de longueur par exemple, — en accolant deux fosses symétriques de plus petites dimensions, calculées chacune pour traiter la moitié de l'effluent. Cette disposition présente en outre l'avantage de permettre à une demi-installation

de continuer de fonctionner dans une certaine mesure pendant que l'on cure ou que l'on répare l'autre moitié.

Les filtres bactériens se subdivisent en deux catégories : les lits de contact et les lits percolateurs.

Les *lits de contact* sont des réservoirs contenant la masse filtrante et dans lesquels le liquide à épurer est admis à plusieurs reprises; ils ne sont plus guère employés.

Dans les *lits percolateurs*, les matériaux filtrants sont empilés sur une aire bétonnée et ils reçoivent les liquides en pluie fine ou en lame mince.

Les auteurs en expriment les dimensions de diverses manières.

Temple estime que, pour l'épuration d'une eau « raisonnablement claire », le support ou ensemble des matériaux filtrants doit avoir un volume de 3 pieds cubes (85 litres) par usager, le support s'étageant comme suit, de haut en bas, avec une hauteur totale d'environ 1^m50 :

Sur 3" (0,08 m.), éléments de 1/4 à 1/2", soit 1 cm.;

Sur 12" (0,30 m.), éléments de 1/2 à 1" , soit 2 cm.;

Sur 3'3" (1,00 m.), éléments de 2" , soit 5 cm.;

Sur 6" (0,15 m.), lit de briques ou pierres laissant des intervalles de 3/4" entre elles, soit environ 2 cm.

L'expérience d'un certain nombre de fosses septiques existant au Congo belge nous avait conduit à admettre que le lit percolateur, d'une épaisseur totale de 1 m. à 1^m50, suivant le degré d'épuration à réaliser, devait présenter une surface de 1 mètre carré pour 10 usagers, le support étant composé de trois couches d'épaisseur égale, constituées par des éléments dont la grosseur est, de haut en bas, respectivement de 2, de 4 et de 6 à 8 cm.

Nous allons voir que cette conclusion se concilie avec les résultats de récentes études de laboratoire entreprises en Allemagne et que nous résumerons d'après la nouvelle

méthode de calcul des lits bactériens, due à M. R. Gaultier (1).

Lors de la mise en service d'un lit bactérien, les matériaux filtrants constituent une simple résistance à l'écoulement des liquides mais ils ne les retiennent pas. Au bout d'un certain temps au contraire, lorsque le lit bactérien est ensemencé, les blocs de matériaux filtrants sont recouverts d'une mucosité caractéristique de la faune bactérienne effectuant le travail de l'épuration biologique. Ces mucosités sont spongieuses et forment une pellicule ou film d'environ 1 mm. d'épaisseur et capable de retenir les liquides; le degré d'épuration réalisé est proportionnel au volume de film.

M. Gaultier a établi un diagramme (abaque 1, fig. 3) donnant le volume de film par mètre cube de support, en fonction de la grosseur des éléments filtrants. Cet abaque permet d'établir rapidement que le lit percolateur conseillé par Temple et celui réalisé communément au Congo belge présentent, par mètre cube, des volumes de film respectivement de 165 dm³ et 125 dm³. On en conclut que, par usager, le premier met en œuvre 14 dm³ de film (épuration raisonnable) et le second 12,5 dm³ (épuration imparfaite) à 18,7 dm³ (épuration parfaite).

On a constaté, d'autre part, qu'à la température moyenne de 15°, il fallait, dans un lit bactérien bien construit et bien exploité, 200 dm³ de film pour détruire un kilo de matières organiques par jour, ce qui équivaut à 16 dm³ pour les 80 gr. représentant l'apport journalier par usager. Ces chiffres sont remarquablement concordants.

La pratique enseigne que les meilleurs résultats s'obtiennent sur des lits de 1^m50 (Temple) à 2m. (auteurs fran-

(1) M. R. GAULTIER, Considérations sur le traitement des eaux usées par lits bactériens percolateurs (*La Technique sanitaire et municipale* de janvier 1934, pp. 13-21).

çais) d'épaisseur ⁽¹⁾. Il est donc plus indiqué, lorsqu'on ne recherche pas une épuration parfaite, de réduire la surface du lit plutôt que sa hauteur, et les filtres bactériens de faible épaisseur ne seront construits que lorsque l'on rencontre à peu de profondeur (1 m. par exemple) un terrain imperméable, le roc ou la nappe aquifère.

En conclusion, la règle pratique suivante peut être formulée :

Le lit percolateur, composé d'éléments de grosseur croissante, de haut en bas, de celle d'une noisette à celle du poing, doit avoir un volume de 150 dm³ par usager permanent adulte, si l'on veut obtenir une épuration parfaite.

Ces chiffres valent pour un fonctionnement de 24 heures par jour. Dans les grandes installations, si aucun dispositif n'est prévu pour répartir sur 24 heures l'apport journalier, il faut augmenter en conséquence les dimensions du filtre. Par exemple, si l'aspersion a lieu pendant 14 heures sur 24, les chasses étant interrompues pendant les 10 heures de nuit, le volume de la masse filtrante doit être multiplié par le rapport 24/14.

Ayant chargé le lit percolateur des matières à épurer, il faut lui fournir, par une *ventilation* convenable, l'oxygène nécessaire. C'est l'opération principale de l'épuration, et M. Gaultier a établi un second diagramme (abaque 2, fig. 3) donnant le volume d'air nécessaire en 24 heures par mètre cube de support, en fonction de la grosseur des éléments. On constate que le lit percolateur utilisé au Congo demande, par mètre cube de support, 18,3 m³ d'air par jour, soit 0,21 litres par seconde, ce qui permet d'énoncer la règle pratique donnant la section des tuyaux de ventilation dans le cas d'un lit percolateur établi dans un puits ventilé : 10 centimètres carrés de section par

(1) Pour des *filtres bactériens « soufflés »*, c'est-à-dire fonctionnant avec ventilation artificielle, l'épaisseur peut atteindre 6 m. (K. IMHOFF, *Gesundheits-Ingenieur*, 1938, p. 352).

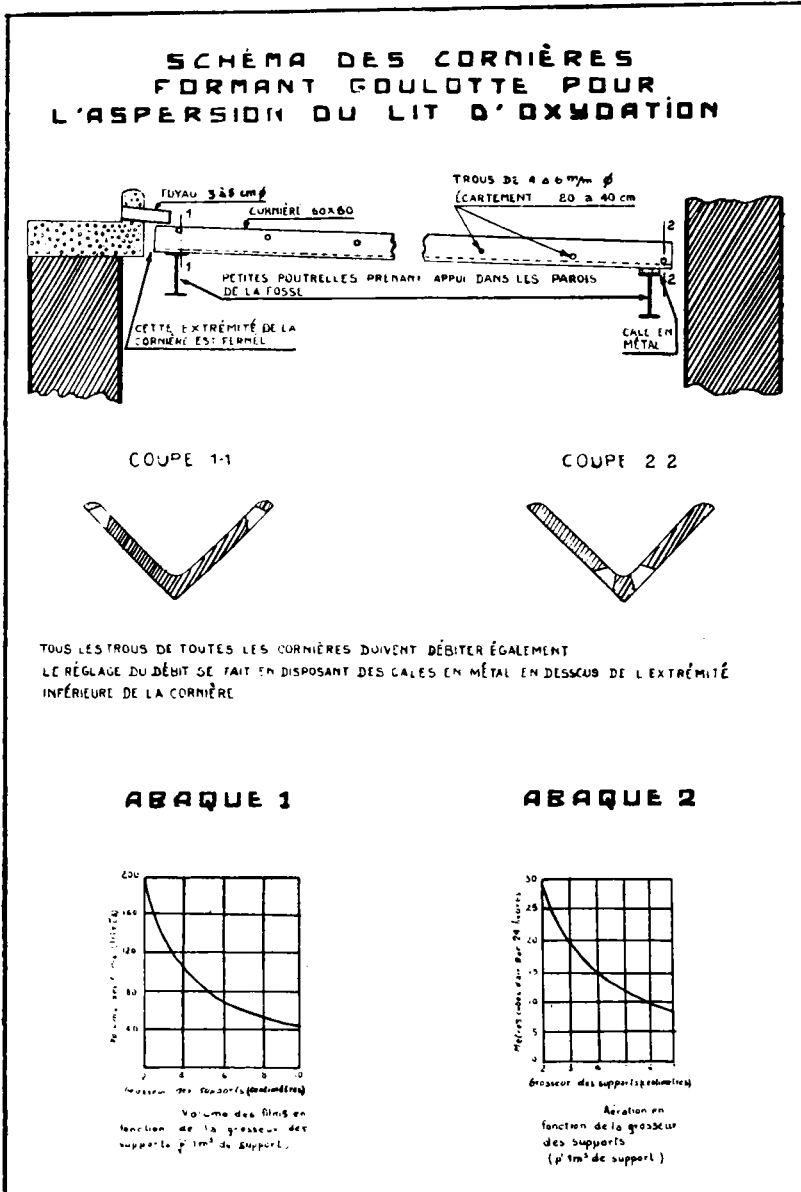


FIG. 3.

mètre cube de support; cela suppose une vitesse d'écoulement de 0,21 m./sec. dans le tuyau.

La ventilation est assurée par le tirage naturel qui s'établit à la faveur de la hauteur de la cheminée et de la chaleur développée par l'oxydation.

Signalons à ce propos que, d'une façon générale, la *température* joue un rôle important dans tous les phénomènes biologiques qui interviennent dans l'épuration; c'est ainsi qu'à 30°, la multiplication des bactéries — et par conséquent leur travail — est huit fois plus active qu'à 10°. On doit en tenir compte dans les calculs, surtout pour les installations en pays froids.

Il faut enfin que chaque *aspersion* du lit n'apporte qu'une quantité d'eau à épurer au maximum égale à celle que le film est capable d'absorber, ce qui dépend non seulement du volume de film disponible, mais aussi du temps écoulé depuis l'aspersion précédente. L'expérience montre que, pour des installations bien établies, il n'y a pas lieu de se préoccuper de cette intermittence pour les fosses desservant jusqu'à une douzaine d'usagers. Mais pour les installations des camps, écoles, marchés, prisons, hôpitaux, etc., il faut répartir les aspersions, soit par chasses automatiques irriguant tous les sièges à la fois, soit par un dispositif assurant une aspersion discontinue et régulière : auget basculant, siphon automatique, etc. Les seules règles à observer sont qu'il faut un minimum de 15 minutes entre la fin d'une aspersion et le début de la suivante, et que le volume d'une aspersion ne doit être qu'une partie du volume total du film.

DISPOSITIFS ADOPTÉS.

Les figures 4, 5 et 6 montrent des modèles d'ensembles fosse septique-filtre bactérien exécutés ou préconisés au Congo belge. Nous décrirons quelques détails communs à toutes les installations et calculerons ensuite, à titre

d'exemple, les dimensions d'une fosse pour une école de 1.000 élèves.

Coupe-air.

Une installation complète comprend certains appareils dans lesquels les eaux-vannes subissent un traitement préalable : décantation, dégraissage, etc. Pour une fosse septique recevant uniquement et directement le produit des latrines, on peut se contenter de retenir dans une fosse à boues (fig. 5 et 7), placée sous le coupe-air ou occlusion hydraulique qui doit précéder toute fosse, les corps étrangers qui auraient tendance à s'y introduire.

Tuyau de chute.

Le canal d'évacuation doit, après le coupe-air, traverser la paroi de la fosse au-dessus du niveau de celle-ci; ce, afin de ne pas laisser stagner le liquide dans la conduite, ce qui ne manquerait pas de provoquer des obstructions (fig. 5).

Le tuyau doit avoir une « plongée » en sifflet, de 25 cm. jusqu'au bord supérieur du sifflet, et doit être percé d'un trou de 2 à 3 cm. de diamètre, à une quinzaine de centimètres au-dessus du liquide; cet événement évitera l'entraînement d'air dans le tuyau.

Fosse de liquéfaction.

Elle doit être étanche; on la construira en maçonnerie ou en béton.

Des *chicanes* diviseront la fosse en trois compartiments. Temple conseille une première chicane de surface descendant jusqu'au tiers inférieur et une seconde s'élevant du fond jusqu'au tiers à partir du niveau supérieur. On donne à la première chambre, séparée par la chicane de surface, un volume égal au huitième du volume total de la fosse, une distance de 60 à 75 cm. séparant les deux chicanes (fig. 5).

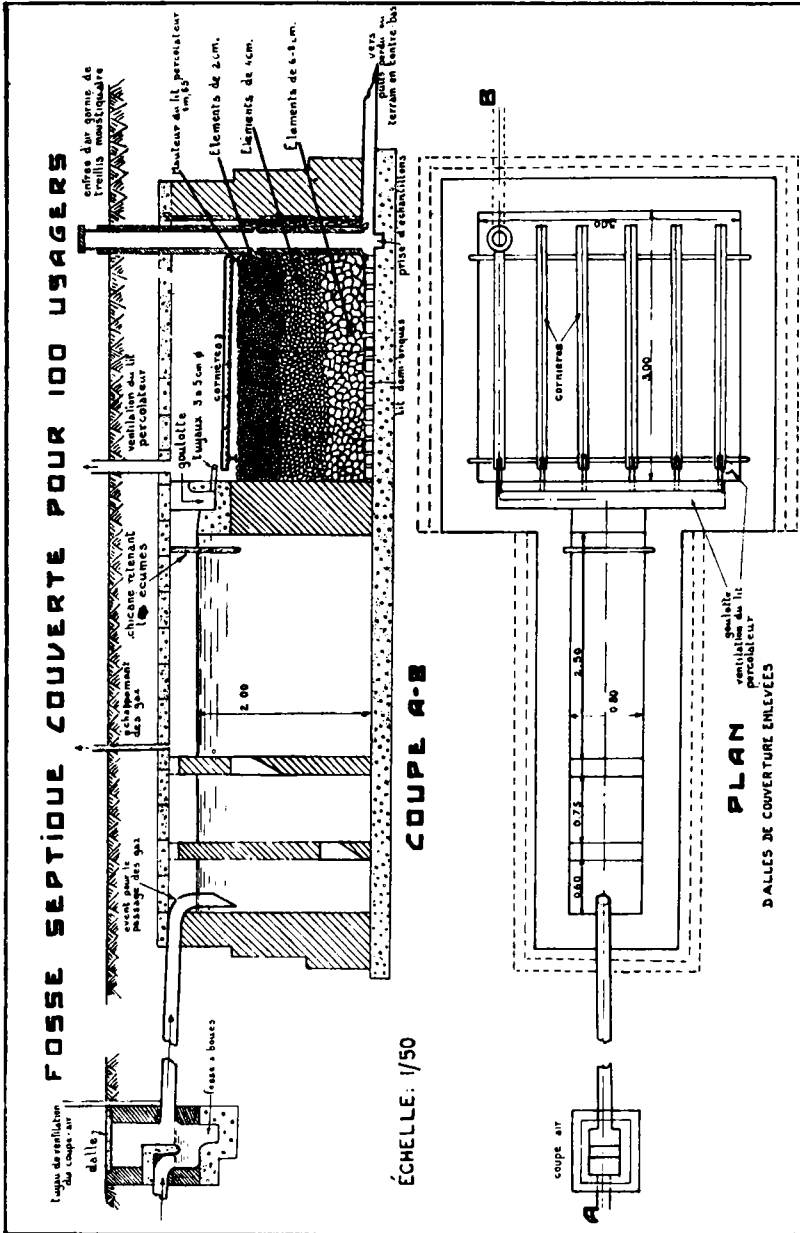


FIG. 5. — Fosse septique et filtre bactérien pour cent usagers.
(L'échelle indiquée est réduite dans le rapport de 18 à 10.5.)

Au Congo, l'usage s'est établi de séparer les fosses couvertes en plusieurs compartiments—généralement trois—par des cloisons entières, dans lesquelles sont ménagées des « fenêtrés » (fig. 4). Elles doivent avoir une surface telle que, lors des apports, il ne s'amorce pas un courant entre deux chambres contiguës de nature à troubler le milieu. De plus, il convient de prévoir un biseau au bord inférieur de ces fenêtrés (fig. 4 et 5), afin que les boues ne puissent s'y déposer. Ce système de cloisons entières est excellent dans les petites installations (de 1 à 2 m³), car il limite à la première chambre le trouble et les remous provoqués par les apports.

Aux points de vue dimensions et fonctionnement, il n'y a aucune différence entre les fosses ouvertes et les fosses couvertes, car il n'est nullement indispensable de réaliser, comme on l'a cru, une chambre anaérobie rigoureusement à l'abri de l'air. Une fosse septique, loin des lieux habités, peut ne pas être couverte et la couverture ne se justifie que pour empêcher les gaz de vicier l'atmosphère au niveau du sol, un tuyau de ventilation conduisant alors les gaz au-dessus du toit des immeubles (fig. 4).

Dans le cas d'une fosse couverte, il faut permettre le passage des gaz d'un compartiment à l'autre, en ménageant des ouvertures à la partie supérieure des cloisons. Les « tuyaux de décompression » ayant une plongée sous la surface liquide, sont inutiles. La dernière chambre est ventilée par une cheminée montant à deux mètres au-dessus du toit des locaux habités (fig. 4 et 5).

Vidanges.

Le curage des fosses doit être fait périodiquement (tous les cinq ans, par exemple, pour une fosse peu chargée) car le volume des boues insolubles décantées diminue à la longue la capacité utile de la fosse. En outre, des fermentations lentes peuvent se produire dans ces boues,

fermentations qui contrarient ou même empêchent la liquéfaction des matières solides.

Dans les petites fosses, la vidange se fait au seau et à la pelle. Dans les grandes installations, il faut prévoir une fosse de vidange dans le fond, lequel sera incliné (pente 3 %), afin que la chasse puisse entraîner les boues (fig. 6). La vidange est recueillie dans une petite fosse latérale (fig. 7), d'où elle est évacuée. On procède alors à des vidanges partielles. L'avantage de ce procédé est triple : le fonctionnement de la fosse n'est pas interrompu; dans les fosses ouvertes, la croûte d'écume ou « chapeau » qui se forme à la surface du liquide n'est pas dérangée, et la vidange se fait sans odeurs. Les boues peuvent continuer leur fermentation lente, sans inconvénient pour la fosse septique, et le volume de matières insolubles est ainsi diminué par le séjour dans la fosse spéciale ou tank de digestion des boues, soit qu'on les y laisse pendant plusieurs mois, soit qu'on y admette journallement une petite quantité nouvelle de boues provoquant le départ d'autant de liquide superficiel. Cet effluent liquide est, à son tour, épuré sur le lit percolateur. Quant aux boues solides irréductibles, il faut les évacuer sur un champ d'épandage ou les enterrer.

Aspersion du lit percolateur.

Dans les petites installations, on réalise l'intermittence et la régularité de l'aspersion en assurant l'arrosage de toute la surface du lit percolateur par des cornières ou tuyaux perforés, dont il faut prévoir le nettoyage. La meilleure disposition consiste à employer, au lieu de tuyaux, des cornières que l'on pose sur l'arête pour former une goulotte en V (fig. 3). Les trous percés dans les ailes se rapprochent d'autant plus de l'arête du dièdre qu'ils sont plus éloignés de l'origine; ils sont fraisés par l'extérieur dans toute l'épaisseur du métal, ce qui évite les obstructions.

Si la surface du lit est grande, auquel cas elle aura une forme carrée par raison d'économie, il faudra prévoir deux séries de goulottes perpendiculaires (fig. 6).

La durée d'aspersion est d'une ou plusieurs minutes; le diamètre des tuyaux assurant l'alimentation des goulottes doit être choisi en conséquence (voir exemple de calcul suivant).

Lit percolateur.

Dans les fosses couvertes, la masse filtrante remplit une cuve maçonnée dont l'étanchéité n'est pas requise; les matériaux reposent sur une dalle perforée ou sur une couche de briques bien cuites laissant entre elles des interstices de 2 à 4 cm. Dans tous les cas, le fond présente une légère pente et, s'il y a lieu, des rigoles de drainage en arêtes de poisson.

Les matériaux du lit doivent être lourds, durs et poreux : coke, mâchefer, scories de laitier, charbon de bois dur parfaitement carbonisé, briques très cuites mais non vitrifiées, grès, etc. On dispose les matériaux en couches d'égale épaisseur, mais dont les éléments ont respectivement, de haut en bas, 2, 4 et de 6 à 8 cm. Il y aurait intérêt à diminuer ces dimensions, mais on s'expose alors à un inconvénient grave : le colmatage. C'est pour éviter ou retarder cet écueil que certains constructeurs installent, entre la fosse septique et le lit percolateur, un filtre à gros éléments, traversé de bas en haut par le liquide (fig. 7). Ce filtre n'est pas indispensable si l'on procède à des nettoyages périodiques de la couche superficielle d'éléments fins du filtre, pendant que l'on triture cette surface à la lance et à la fourche.

Prise d'air dans les fosses couvertes.

Lorsque l'effluent du lit percolateur est déversé à ciel ouvert, l'entrée d'air se fait par les orifices de sortie du liquide. Au contraire, quand l'effluent est absorbé par un

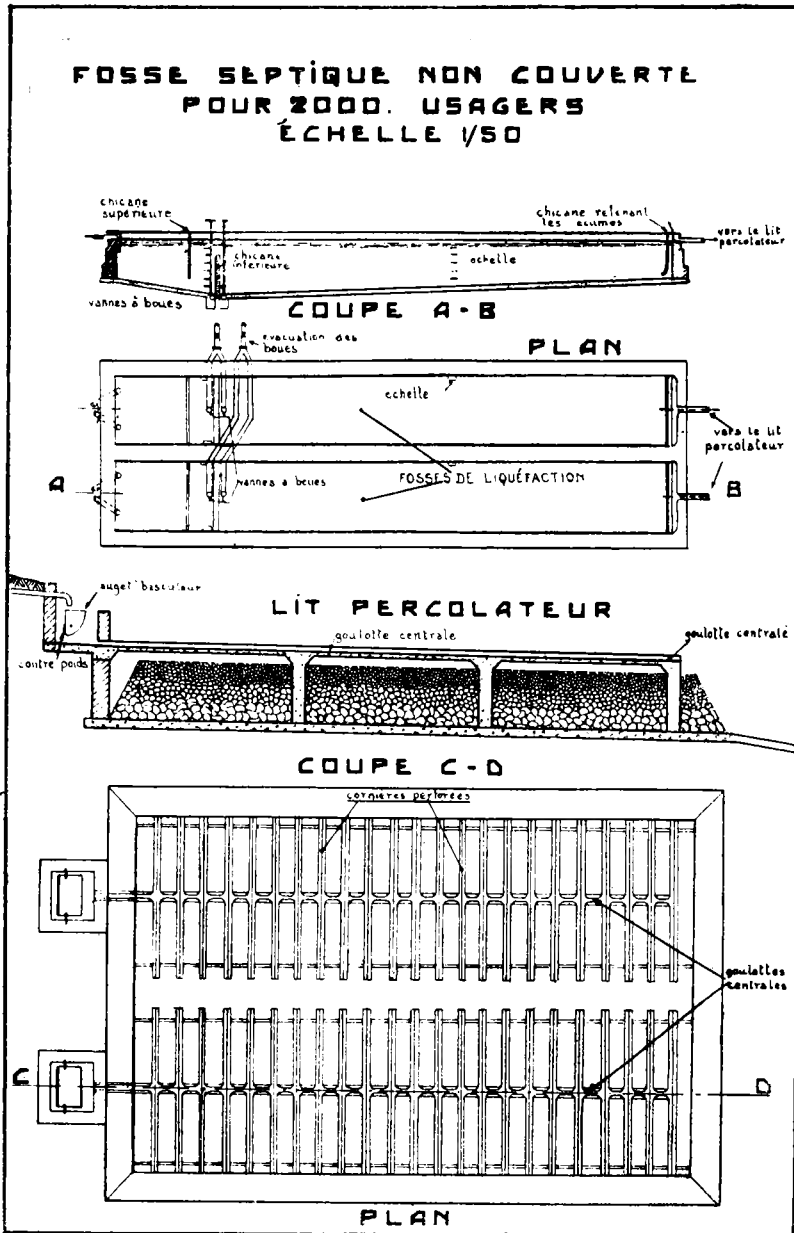


FIG 6. — Fosse septique et filtre bactérien pour deux mille usagers.
(L'échelle indiquée est réduite dans le rapport de 18 à 10,5.)

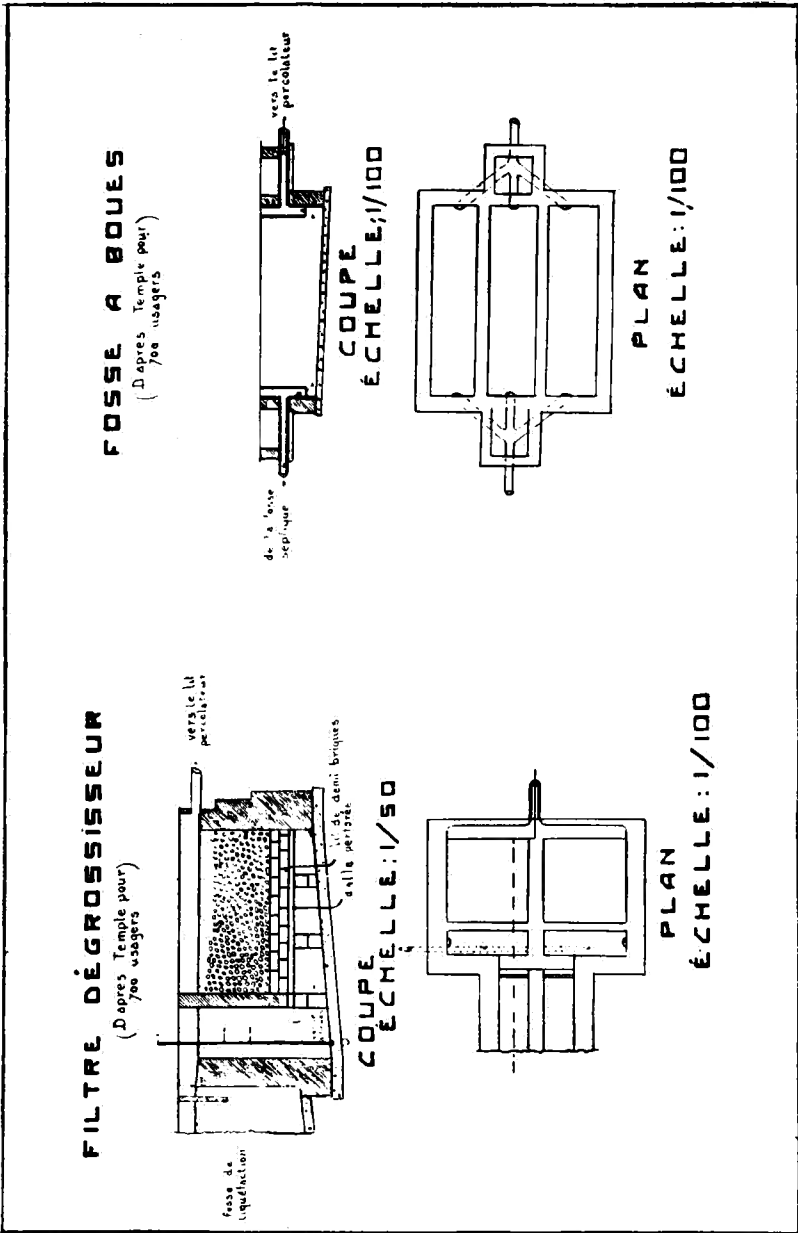


FIG. 7. — Filtre dégrossisseur et fosse à boues.
(Les échelles indiquées sont réduites dans le rapport de 18 à 10,5.)

puits perdu, on réalise l'évacuation des gaz malodorants par une ou plusieurs cheminées débouchant au-dessus du niveau des toitures, et les appels d'air frais, par des prises à ras du sol et dont les ouvertures sont garnies de toile moustiquaire (fig. 4 et 5).

Prise d'échantillons de l'effluent de la fosse septique.

Il faut surveiller le fonctionnement des appareils par des prises d'échantillons de l'effluent, en vue de l'analyse. A cet effet, le fond du compartiment présentera, au-dessous de la cheminée, un petit puisard dans lequel on prélèvera l'échantillon au moyen d'un godet fixé au bout d'une tige (fig. 4 et 5).

Mise en service et usage d'une fosse.

Préalablement à sa mise en service, la fosse de liquéfaction devra être remplie d'eau pour s'assurer de son étanchéité; on tiendra compte de l'évaporation en mesurant celle-ci, pendant le cours de l'essai, dans une cuvette remplie d'eau et placée sur le bord de la fosse.

La fosse n'épurera convenablement qu'après maturité, c'est-à-dire après une quinzaine de jours. Bien conditionnée, elle continuera à fonctionner convenablement moyennant les quelques précautions suivantes :

Ne pas y envoyer des quantités de liquides très supérieures à celles prévues;

Ne pas envoyer dans la fosse des eaux savonneuses, ni des eaux grasses en grande quantité. Les graisses sont décomposées en acides qui nuisent aux ferments, et en glycérine. Savon et glycérine colmatent le lit percolateur;

Ne pas utiliser d'acides (acide chlorhydrique) pour le nettoyage et l'entretien des cuvettes de W. C. Ces acides tuent les ferments. Ne pas verser de désinfectant dans les fosses. Si tant de fosses fonctionnent mal aux Colonies, c'est — nous l'avons déjà signalé — que cette précaution

élémentaire est souvent méconnue; les odeurs proviennent précisément d'un mauvais fonctionnement de la fosse, et en y introduisant du désinfectant on ne fera qu'aggraver le mal dont la cause réelle doit être recherchée. Ce sera souvent une obstruction d'un conduit ou d'un orifice, ou le colmatage de la masse filtrante, ou le comblement de la fosse en matières irréductibles. Une surveillance périodique de l'effluent : couleur, limpidité, odeur, etc., permettra de déceler à temps tout vice de fonctionnement et d'y remédier par les moyens appropriés. Une fosse septique coûte cher à construire et demande beaucoup d'eau pour son entretien; il serait donc déraisonnable de ne pas suivre son fonctionnement avec attention, afin d'en obtenir le meilleur rendement, et c'est une grave erreur de ne s'y intéresser que lorsqu'elle commence à occasionner des désagréments.

Moustiques.

Une fosse septique mal construite peut constituer un véritable danger au point de vue de la prolifération des moustiques, car il a été démontré qu'une variété domestique de ces insectes (*Culex pipiens*) s'est adaptée à la vie larvaire dans les milieux excrémentiels, ce qui lui a d'ailleurs valu le nom de moustique stercoraire (1). Le meilleur moyen d'empêcher les éclosions consiste à faire en sorte que les moustiques adultes ne puissent s'introduire dans les installations sanitaires pour y venir pondre. Pour cela, il faut protéger par des moyens mécaniques toutes les ouvertures débouchant à l'air libre (tuyaux d'évent et prises d'air), en les munissant de toiles moustiquaires inoxydables. Les tampons de visite ou trous d'homme seront obturés par des joints au sable ou à l'argile.

(1) R. DUPONT. La fosse septique et les moustiques (*Le Génie civil*, 2^e semestre 1937, pp. 550-552).

Comme nous l'avons déjà indiqué à diverses reprises, il est contre-indiqué de combattre ce fléau par des larvicides ou désinfectants introduits dans les fosses, car ces produits tueraient inmanquablement les ferments épurateurs.

Lorsque la présence de larves de moustiques est constatée dans une fosse septique, on peut y obvier par un huilage qui n'entravera pas l'action des anaérobies. On emploiera de l'huile de moteur ordinaire que l'on versera dans la cuvette du W. C. en quantité suffisante pour former une couche d'un centimètre d'épaisseur sur toute la surface de la fosse septique. On peut aussi se servir de goudron soluble, sans aldéhyde formique, à raison de 10 gr. dans une chasse ordinaire (1). Cette dose ne doit pas être dépassée dans une fosse individuelle.

EXEMPLE DE CALCUL.

Envisageons le cas d'une fosse septique avec lit percolateur pour une école de 1.000 élèves externes, âgés de 6 à 16 ans; l'épuration ne doit être que partielle et il sera fait usage de chasses automatiques.

On pourra admettre le tiers des chiffres donnés pour des usagers adultes permanents et l'on se contentera de dimensions moitié moindres que celles que fournit le calcul pour épuration parfaite.

Apport journalier à la fosse : $1.000 \times \frac{25}{3} = 8.350$ litres.

Capacité de la fosse : $1.000 \times \frac{60}{3} = 20.000$ litres.

Profondeur : 2 m.; Surface : 10 m².

Nous construirons deux compartiments accolés de 5 m² et puisqu'une épuration incomplète suffit, nous adopterons, par mesure d'économie, un rapport de la longueur à la largeur égal à 5. Chaque demi-fosse mesurera donc

(1) R. PUGET, Données techniques de construction d'une fosse septique de campagne (*Bulletin de l'Office international d'Hygiène publique*, 1934, p. 2188).

1 m. sur 5 m. Le volume du lit percolateur sera : $1.000 \times \frac{150}{3} \times \frac{1}{2} = 25.000 \text{ dm}^3$ ou, pour une hauteur de la masse filtrante égale à 1^m50, une surface de 25 : 1,5 = 16,7 m². Nous choisirons deux demi-lits accolés ayant chacun 2,10 × 4,00 m. comme dimensions horizontales. Supposons 36 chasses automatiques par jour, espacées de 20 minutes. Chaque apport sera ainsi de 8.350 : 36 = 230 litres, soit à peu près 20 usages avec 12 litres par usage.

Fixons la période d'aspersion du filtre à deux minutes. Le débit moyen d'aspersion sera donc d'environ 2 l./sec. pour les deux demi-filtres ou 1 l./sec. sur chacun d'eux.

Plaçons sur chaque demi-filtre quatre cornières de 60 × 60, alimentées chacune par un tuyau de 6/4". Ces dimensions assureront une durée d'aspersion de l'ordre de 2 minutes. Il sera fait un essai en cours de construction et le diamètre des tuyaux sera modifié en conséquence d'après la charge ou hauteur de chute disponible.

Aux heures de récréation, il conviendra de pouvoir faire fonctionner les chasses à un rythme plus rapide : manœuvre à main d'un réservoir de chasse spécial fonctionnant toutes les dix minutes, par exemple.

Voyons si le film du lit percolateur pourra absorber une telle quantité de liquide. Le volume du film est de 25 × 125 = 3.125 dm³. En 30 minutes, pendant les récréations, les apports seront de deux chasses automatiques plus trois chasses supplémentaires, soit 5 × 230 = 1.050 litres, ce qui représente à peu près 30 % du volume des films; cette proportion est acceptable. Cependant, après chaque récréation, le gardien pourrait fermer la vanne d'arrêt du réservoir de chasse automatique pendant une heure, afin de permettre une digestion convenable par les ferments nitrificateurs du lit percolateur.

NOMBRE DE SIÈGES DANS LES INSTALLATIONS COLLECTIVES.

En Belgique, l'arrêté royal du 25 mai 1932 exige une proportion de sièges égale au vingtième du nombre d'enfants dans les écoles de filles; dans les écoles de garçons, la proportion prescrite est de 1/30 avec, en outre, des urinoirs en proportion de 1/20.

Pour les camps de travailleurs, les D^{rs} Mouchet et Pearson (1) constatent que l'expérience a conduit l'Union Minière du Haut-Katanga à prévoir un siège pour 15 travailleurs dans les camps, et un siège pour 25 travailleurs sur les chantiers.

LE RÉSEAU D'ÉGOUTS D'ÉLISABETHVILLE.

La campagne antimalarienne entamée à Elisabethville en juillet 1921 à l'initiative du Gouverneur général Lippens avait comme corollaire obligé, l'établissement d'un réseau d'égouts. Il fallait, en effet, donner aux habitants, tant européens qu'indigènes, le moyen pratique de se débarrasser de leurs eaux résiduaires qu'ils écoulaient auparavant par des rigoles rudimentaires provoquant de nombreuses stagnations dans lesquelles les moustiques trouvaient autant d'endroits propices pour aller pondre leurs œufs.

L'objectif d'un réseau d'égouts est de véhiculer rapidement et dans les meilleures conditions d'hygiène les déchets de la vie domestique.

Le projet d'Elisabethville a été élaboré en mars 1923 et il fut reconnu immédiatement que l'avantage du système séparatif absolu était évident par rapport au système unitaire dans lequel on admet, en plus des eaux

(1) MOUCHET et PEARSON, *Hygiène pratique des camps de travailleurs noirs en Afrique tropicale* (Ed. Goemaere, Bruxelles, 1922).

résiduaires, les eaux pluviales. Dans le cas considéré, les eaux de ruissellement ne sont pas fortement contaminées et leur évacuation vers les émissaires naturels peut être assurée économiquement, grâce à la configuration du terrain, par un réseau sommaire de canalisations séparées (tuyaux en ciment et collecteurs en maçonnerie). Si l'on avait voulu s'en tenir à un réseau unique pour l'évacuation des eaux de ruissellement et des eaux usées, on serait arrivé à des sections telles, étant donnée l'intensité des précipitations en saison des pluies, que la réalisation du projet aurait entraîné des frais dépassant de loin les possibilités financières du Gouvernement.

De plus, dans des égouts de petite section, l'écoulement et l'entraînement des matières sont mieux garantis parce que l'eau y circule en lame épaisse, et qu'à certains moments on peut même mettre les liquides en charge, au moyen de chasses.

D'autre part, la nécessité d'une épuration préalable au déversement de l'effluent dans les cours d'eau naturels avait été reconnue comme une condition *sine qua non* par les autorités locales.

A ce point de vue également, l'effluent d'un système séparatif se prête particulièrement bien à l'épuration, en raison de sa concentration sensiblement constante et de son débit cadencé.

Afin d'écartier les dépenses permanentes résultant du pompage et de réduire les frais d'établissement en évitant les terrassements trop considérables, la ville a été divisée en deux bassins indépendants et complets en eux-mêmes (pl. I).

Le bassin Est contient l'hôpital des Européens, le quartier industriel, les ateliers et camps indigènes de la Compagnie du Chemin de Fer, le camp militaire et l'abattoir. L'effluent est pris par le ruisseau Kampemba (point B).

Le bassin Ouest dessert entre autres le quartier des résidents et celui des ouvriers, la prison, l'hôpital des Noirs et



FIG. 8. — Vue d'ensemble d'une des deux stations d'épuration
des eaux résiduaires d'Elisabethville (12 mai 1928).

la cité indigène. Il a pour émissaire la petite rivière formant thalweg du Dembo entre la ville européenne et la cité indigène (point A).

Le choix du lieu d'arrivée est très important, car il conditionne l'économie du traitement à faire subir à l'effluent. A Élisabethville, la topographie des emplacements choisis a permis d'assurer toutes les opérations par simple gravité (fig. 8).

L'étude a été faite pour un réseau couvrant toute la partie lotie d'Élisabethville, à l'exclusion de quelques lotissements excentriques, et le réseau public a été tracé de façon à permettre des extensions ultérieures et à desservir toutes les parcelles de la ville, tout en ne traversant aucune propriété privée, afin d'éviter les frais d'expropriation.

La superficie drainée est d'environ 600 ha. Ce chiffre donne une idée de l'étendue de la ville, lorsqu'on se rappelle que Bruxelles, à l'intérieur de ses boulevards, ne couvre que 380 ha.

La population raccordée peut être évaluée à 10.000 habitants, tant Européens qu'indigènes, produisant au total environ 1.300 mètres cubes de sewage, contenant 800 kg. de matières organiques à l'état sec, correspondant à une concentration de 600 gr. par m³.

Au 31 décembre 1938, on comptait 1.137 branchements particuliers, dont 106 relevant de l'Administration.

La planche I montre que la ville a été tracée en damier, les avenues se coupant généralement à angles droits et découpant des îlots de 16 parcelles ayant chacune environ 30 x 50 m. Les îlots sont eux-mêmes sillonnés par des rues sanitaires desservant le fond de toutes les parcelles et le long desquelles étaient établis les anciens cabinets à tinettes, ainsi que les logements des serviteurs noirs (boyeries).

Les égouts secondaires de la ville européenne empruntent, autant que possible, le tracé des rues sanitaires qui

ont été maintenues pour l'enlèvement des ordures ménagères et pour canaliser la circulation des indigènes dont les logements sont situés en bordure de ces artères. Pour les égouts, le tracé des rues sanitaires était plus économique ⁽¹⁾ que celui consistant à placer des conduites dédoublées dans les avenues principales (une conduite sous chaque trottoir), et l'établissement de l'égout public suivant l'axe des avenues a été écarté parce que la pose et l'entretien des raccordements particuliers auraient occasionné de nombreuses et fréquentes perturbations au trafic et des frais élevés pour réparations des revêtements.

Les W. C. pour Blancs ont évidemment tous été transférés dans les habitations mêmes et leurs anciens emplacements à front de rue sanitaire ont été transformés généralement en lavoirs-douches pour les domestiques indigènes. Les W.C. pour Noirs ont été maintenus à l'extrémité des parcelles et pourvus de sièges à la turque avec chasses d'eau.

L'introduction des eaux météoriques a été exclue de façon absolue dans le réseau, et dès lors, les conduites ont pu être calculées avec un coefficient de sécurité extrêmement faible (généralement 2), mais en tenant compte, toutefois, que toute canalisation posée aux frais de l'État doit pouvoir évacuer la totalité des eaux résiduaires produites lorsque la zone qu'elle dessert sera complètement occupée, ce que l'on suppose réalisé quand il y aura quatre maisons sur trois parcelles et trois habitants Blancs avec trois serviteurs Noirs par maison.

On admet que la quantité journalière de liquide, soit 250 litres par Blanc et 100 litres par indigène, doit pouvoir s'évacuer en l'espace de huit heures, c'est-à-dire que le débit maximum a été pris égal au triple du débit moyen.

(1) L'économie réalisée se chiffre exactement à 31,6 % pour le réseau public et à 53 % pour les raccordements particuliers.

Les conduites ont été calculées par la formule de Kutter adaptée à des tuyaux en ciment à parois lisses :

$$V = \frac{23 + \frac{1}{0,013} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \cdot \frac{0,013}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ},$$

et par la formule de débit :

$$Q = W V,$$

dans lesquelles

V = vitesse moyenne du flot en mètres par seconde,

J = pente de l'axe hydraulique en millièmes,

R = rayon hydraulique (surface mouillée divisée par périmètre mouillé) en mètres,

Q = débit en mètres cubes par seconde,

W = section mouillée en mètres carrés.

On s'est efforcé de maintenir dans les conduites une vitesse d'écoulement comprise entre 60 cm. et 2^m50 par seconde. Entre ces limites, on assure l'auto-curage et l'on empêche les érosions.

On a trouvé, dans ces conditions, que l'occupation complète de la ville amènerait un volume d'effluent de l'ordre de 5.000 mètres cubes par jour.

Le réseau public comprend 36.120 m. de conduites de 20 cm. de diamètre et 8.518 m. de collecteurs de 30 cm. Les canalisations sont en béton comprimé, sauf quelques tronçons aériens, qui ont été réalisés en tubes d'acier juté et asphalté.

Dans le but d'obtenir des pentes telles que les vitesses d'écoulement assurent l'auto-curage ⁽¹⁾, il a fallu poser les conduites jusqu'à des profondeurs dépassant 7 m. et pour

(1) On considère que, dans des conduites pouvant être remplies jusqu'à mi-hauteur, la vitesse d'auto-curage de 60 cm/sec. est obtenue avec les pentes suivantes : 8,5 p.m. pour un diamètre de 15 cm.; 6,5 p.m. pour 20 cm.; 5 p.m. pour 25 cm.; 3,5 p.m. pour 30 cm. de diamètre.

éviter des obstructions en tête des embranchements secondaires des artères faiblement bâties, il a été construit 37 réservoirs de chasse à siphon auto-amorceur (pl. I), d'une capacité utile de 600 litres, fonctionnant en principe une fois par 24 heures, et agissant à la façon d'un piston hydraulique raclant énergiquement l'intérieur des conduites (1).

Des chambres ou cheminées de visite (pl. I) ont été établies sur tout le réseau à des distances n'excédant pas 60 m. et en tout cas à tout changement de direction et à chaque point de jonction. L'Administration dispose en outre d'un matériel approprié pour dégorger rapidement toute canalisation qui viendrait à s'obstruer accidentellement malgré les précautions prises.

D'autre part, la ventilation des canalisations étant nécessaire pour retarder les fermentations dans l'effluent qui doit arriver aux stations d'épuration aussi frais que possible (2), des tuyaux d'aération ont été aménagés à l'extrémité de chaque raccordement particulier. Ces prises d'air sont protégées par une toile moustiquaire et un capuchon, et s'élèvent jusqu'au-dessus du faite des constructions voisines (pl. I).

A l'intérieur des bâtiments, toutes odeurs sont évitées grâce à un coupe-air hydraulique, encore appelé siphon disconnecteur ou puisard de pied, et protégé par un dispositif antisiphon (pl. I).

STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES.

L'épuration naturelle par le sol (épandage), dans laquelle les bactéries effectuent spontanément mais len-

(1) Par suite de la modicité des crédits disponibles, un certain nombre de réservoirs de chasse ont dû être mis hors de service depuis plusieurs années; il n'en est résulté que peu d'obstructions.

(2) KARL IMHOFF and GORDON M. FAIR, *The Arithmetic of Sewage Treatment works* (Ed. Chapman et Hall, Londres, 1909), p. 1.

tement ⁽¹⁾ la désintégration moléculaire exposée précédemment, n'a pu être appliquée en raison de la nature argileuse compacte et imperméable du terrain d'Élisabethville.

On s'est efforcé, au surplus, de réduire à l'extrême les frais d'exploitation des stations d'épuration et c'est dans ce but que l'on a écarté le procédé des boues activées, qui est en somme une oxydation par insufflation d'air ou par agitation, avec ensemencement préalable de bactéries nitrifiantes, et qui nécessite de la force motrice. Pour la même raison, on n'a retenu aucun des procédés de précipitation ou de coagulation par addition de réactifs chimiques.

Après un examen comparatif ⁽²⁾ de nombreux dispositifs en service et une mission d'études accomplie en Afrique du Sud où nous avons pu visiter plusieurs installations sous la conduite de leurs auteurs, nous avons proposé le système schématisé par la planche III. La caractéristique principale en est que, grâce à une épuration mécanique

(1) L'épandage demande un mètre carré de terrain pour 3 à 11 litres d'effluent par jour, contre 1.000 litres pour les lits bactériens de contact et 2.000 litres pour les filtres percolateurs. Ceux-ci ont été perfectionnés en ces dernières années : au lieu d'être à l'air libre, ils sont entièrement clos et fonctionnent avec insufflation d'air de haut en bas. Le rendement peut atteindre 3 à 4.000 litres par mètre cube et par jour (CH. ED. SÉE, Méthodes actuelles d'épuration des eaux résiduaires, dans le *Génie civil* du 20 août 1938, pp. 166-168).

Par les boues activées, on arrive à pouvoir traiter 10.000 litres par jour et par mètre carré.

(2) En 1930, on a estimé (M. BERNARD, dans la *Vie Communale et Départementale*, 1930, p. 109) qu'en France, et sous réserve d'examen de chaque cas particulier, on pouvait orienter les premières recherches comme suit :

- a) pour des agglomérations de moins de 2.000 habitants : fosses individuelles;
- b) pour des agglomérations de 2 à 10.000 habitants : épandage;
- c) pour des agglomérations de 10.000 à 30.000 habitants : station centrale avec lits bactériens;
- d) pour des agglomérations de plus de 30.000 habitants : boues activées.

préalable, les lits percolateurs traitent la plus grande partie possible du sewage à l'état frais, c'est-à-dire sans qu'il ait séjourné pendant deux ou trois jours dans la fosse septique. La nitrification ou oxydation sur les filtres bactériens exige, de ce fait, 5 à 6 fois moins de travail, ce qui permet de réduire d'autant les installations.

Le fonctionnement est le suivant (pl. III) :

Au sortir du collecteur, l'effluent est reçu sur un *crible* formé de barres métalliques rondes de 2 cm. de diamètre, laissant entre elles des vides de 2 cm. Le crible est incliné à trente degrés sur l'horizontale dans le sens du courant. Il est destiné à effectuer un premier dégrossissage du liquide en lui enlevant les corps étrangers (morceaux de bois, carottes de maïs, déchets de légumes) qui, par leur nature même et leur volume, opposeraient trop de résistance aux actions microbiennes pour qu'il soit économique d'abandonner à ces dernières le soin d'opérer leur dissolution lente. Ces matières encombrantes sont arrêtées sur le crible et retirées de temps à autre par un indigène muni d'un croc (fig. 9). Après égouttage, elles sont brûlées et enfouies dans le sol, car leur valeur comme engrais a été jugée insuffisante pour justifier une utilisation agricole.

Le crible se trouve dans une *fosse à sable* (fig. 9 et pl. III) où la vitesse d'écoulement est réduite à une trentaine de centimètres par seconde. L'effluent s'y débarrasse des graviers et sables qui, malgré les précautions prises, peuvent s'introduire dans le réseau.

De là, le sewage se rend dans un *décanteur* encore appelé séparateur gravitique ou tank à deux étages du système Waston ⁽¹⁾. La sédimentation s'y effectue d'une façon continue à la faveur d'un renversement du courant et d'une très sensible réduction dans la vitesse du flot : celui-ci arrive dans le décanteur de haut en bas à une

(1) METCALF et EDDY, *American Sewerage Practice*, III, p. 383 (Ed. Mc Graw-Hill, London, 1916).

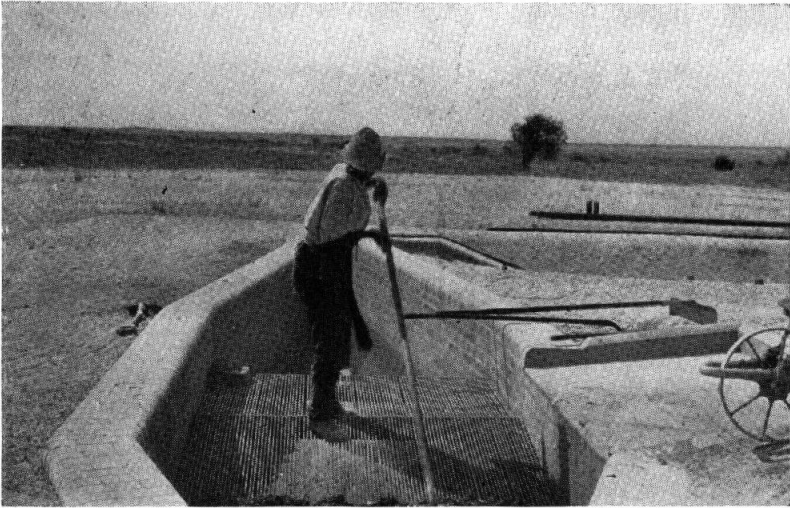


FIG. 9. — Fosse à sable et crible.

vitesse de 60 cm./sec. par une conduite d'amenée plongeant sous le niveau du trop-plein, et en remontant vers la surface, la vitesse de l'écoulement devient à peu près 1.000 fois plus petite ou 0,6 mm. par seconde, ce qui est inférieur à la valeur hydraulique de la majorité (plus de 80 %) des particules en suspension dans les eaux d'égout. On appelle valeur hydraulique d'un corps en suspension, la vitesse, en millimètres par seconde, avec laquelle il se dépose dans une eau calme. Cette brusque réduction de vitesse, accompagnée d'un changement de direction de la veine liquide, accélère la séparation entre les liquides décantés qui se dirigent vers l'auge du trop-plein et les particules solides qui vont s'accumuler au fond du réservoir.

Nous avons vu que l'effluent ne contient pas que des matières en suspension ou en dissolution : il y a entre ces deux états physiques un état intermédiaire constitué par les colloïdes. Ces derniers ont été la principale source des déboires rencontrés dans certaines installations d'épuration, où leur importance n'avait pas été suffisamment considérée, et où l'on eut à déplorer des colmatages et mises hors service rapides des filtres bactériens.

L'état colloïdal est instable et le temps semble être le principal agent grâce auquel les matières se trouvant dans cet état peuvent se remettre en solution ou en suspension dans le liquide qui les contient. On a cependant observé que la présence de surfaces particulières mises en contact avec les matières à l'état colloïdal accélère dans une notable proportion la rupture de l'état d'équilibre. C'est en se basant sur cette propriété que des bassins de décantation fonctionnant en Angleterre ont été complétés par des colloïdeurs formés de planchettes en bois dur, de 4 x 2 cm. de section, séparées par des intervalles de 7,5 cm. La planche III indique la disposition adoptée pour Élisabethville, tout le long du pourtour intérieur des décanteurs.

Le bon fonctionnement exige de plus que les liquides

quittant le décanteur soient exempts d'écume; l'auge du trop-plein est construite de façon à réaliser cette condition.

La capacité de chaque bassin de Watson doit être de un sixième du débit journalier à traiter.

Les boues qui s'accumulent dans le fond du décanteur doivent être éjectées vers une fosse septique au moyen d'une vanne *ad hoc*, par la pression du liquide qui les surmonte. La vanne est manœuvrée à intervalles réguliers, généralement toutes les douze heures, car il ne faut pas que le contact de l'eau avec les boues se prolonge si l'on veut éviter qu'il s'y produise des fermentations dont les dégagements gazeux auraient pour effet de brasser la masse des dépôts et de contrarier les phénomènes de décan-tation.

Pour chaque décanteur, il est prévu deux fosses septiques ou digesteurs travaillant en parallèle. C'est à partir de cette seconde phase que les actions biologiques entrent en jeu.

Les boues alimentant la fosse septique contiennent une très grande proportion de liquides (plus de 90 %) et ce sont les bactéries anaérobies qui ont pour mission de solubiliser ces boues à un plus haut degré. Dans le cas qui nous occupe, l'alimentation de la fosse et sa vidange se font simultanément par la manœuvre de la vanne *ad hoc*, car à chaque arrivée de boue fraîche correspond une sortie de volume équivalent de matières liquides devant subir l'action ultérieure des filtres bactériens.

Une seule fosse est utilisée à cet effet pendant toute une année et les matières solides accumulées y mûrissent ensuite pendant une année encore. Au bout de ce temps, la fosse est vidée et le liquide qui la surmonte est envoyé sur les filtres.

Les boues irréductibles ne peuvent pas servir comme engrais pour l'agriculture, parce que, dans une région comme Elisabethville, où l'ankylostomiase atteint jusqu'à 50 % de la population indigène, elles contiennent certaine-



FIG. 10. — Les deux filtres bactériens en série de l'une des stations d'épuration d'Elisabethville (8 juillet 1933).

ment des germes de cette maladie, puisque les œufs et les larves de l'ankylostome passent inaltérés dans la fosse septique. Il ne faut d'ailleurs pas se faire illusion sur la valeur fertilisante de ces boues : les quantités d'azote et de phosphate qu'elles contiennent dépassent rarement 1,5 pour l'azote et 2,5 pour les phosphates rapportés à 100 parties d'extrait sec. L'enfouissement consiste à diriger les boues, telles qu'elles sortent de la fosse septique, dans une tranchée creusée en plein champ. La tranchée a 90 cm. de largeur sur 60 cm. de profondeur. Lorsqu'elle est remplie, on la recouvre immédiatement avec les déblais provenant d'une tranchée creusée parallèlement à la première, et, si la saison s'y prête, on peut y semer du maïs ou d'autres céréales. Au bout de deux ans, on peut creuser une nouvelle tranchée sur l'emplacement d'une ancienne. A Birmingham, où 40 ha. sont consacrés à ce genre d'épandage, on fait disparaître annuellement par ce procédé de soixante à quatre-vingt mille tonnes de boues.

Les nombreux essais auxquels on s'est livré durant ces dernières années pour brûler les boues, soit seules, soit mélangées avec des ordures ménagères, n'ont pas donné de résultats satisfaisants, cette incinération nécessitant une dessiccation préalable au moins partielle qui ne peut être obtenue que dans des fours spécialement conçus à cette fin et dont l'exploitation est onéreuse.

Pendant la période de maturité de l'une des deux fosses septiques construites pour chaque décanteur, la seconde fosse est mise en service pour recevoir toutes les douze heures les sédiments déposés dans le décanteur.

Les fosses septiques ne sont pas couvertes; elles sont rectangulaires, d'une longueur égale à six fois leur largeur et d'une profondeur variant de 3 m. à l'entrée jusqu'à 1^m50 à la sortie. Le fond est donc incliné en sens inverse du courant. La capacité est égale au quart de la quantité journalière des liquides traités. La fosse comporte un premier compartiment d'entrée, de capacité égale au huitième de

la capacité totale de la fosse. Ce premier compartiment est séparé du suivant par une cloison dont les $\frac{2}{3}$ inférieurs sont percés de fenêtres. De cette façon, le liquide du second compartiment, qui subit surtout l'action anaérobie, n'est pas troublé brutalement à chaque arrivée de boue fraîche. L'effluent du second compartiment est évacué par un déversoir formant trop-plein et prenant les liquides de la fosse au tiers supérieur de la hauteur. On règle autant que possible les arrivées de boues fraîches de façon que les matières soient retenues pendant 72 heures dans la fosse.

Avant de se rendre sur les filtres bactériens, l'effluent liquide du décanteur et de la fosse septique est reçu par un *doseur distributeur* dont la capacité est calculée pour donner sur les filtres des décharges espacées d'au moins cinq minutes au moment du débit maximum arrivant à la station d'épuration.

La dernière phase du traitement biologique nécessaire à l'obtention d'un effluent convenablement épuré s'obtient sur les *filtres bactériens*. L'effluent s'y répand en pluie fine et par intermittence, par un distributeur rotatif actionné par le siphon automatique (fig. 13) se trouvant dans la chambre de distribution. Les intermittences sont réglées en vue de réaliser des intervalles suffisamment rapprochés pour maintenir un rendement élevé à l'installation, et suffisamment espacés pour que les matériaux de la masse filtrante aient le temps d'accomplir leur action oxydante tout en permettant aux organismes qui y contribuent de régénérer leur pouvoir nitrificateur.

A chaque décanteur sont attachés deux filtres circulaires fonctionnant en série (fig. 10). La masse filtrante de chacun d'eux doit avoir un volume égal aux $\frac{3}{5}$ de la quantité journalière de sewage à traiter. Les matériaux reposent sur un pavement en forme de cône surbaissé dont les génératrices sont inclinées à 0.015 vers une rigole circulaire présentant une pente égale dans le sens longitudinal.

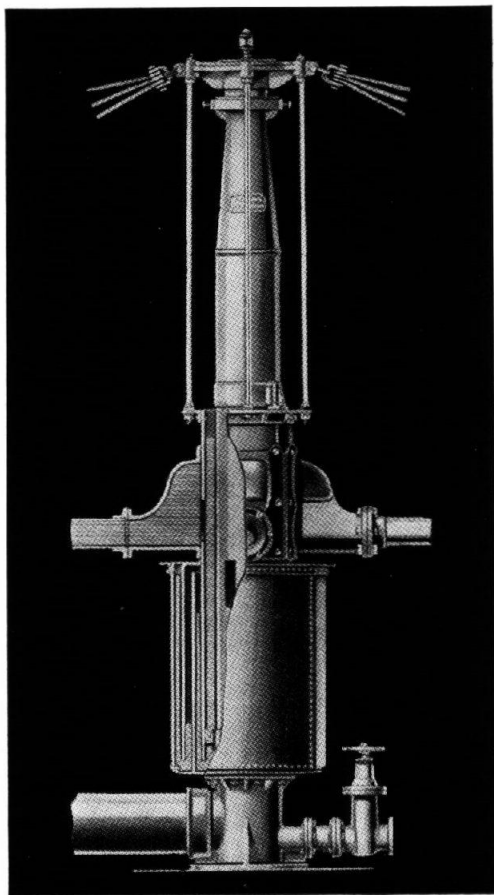


FIG. 11. — Axe des distributeurs rotatifs système Adams « Cresset », en service dans les stations d'épuration d'Élisabethville. La partie mobile repose sur la tête du pivot central par roulement à billes. L'adduction de l'effluent se fait par la base, par l'intermédiaire d'un manchon d'air. Les surfaces métalliques tournent donc l'une en face de l'autre sans qu'elles viennent en contact, ce qui évite tout frottement et permet de réduire la hauteur de charge assurant la rotation du distributeur. A Élisabethville, cette hauteur de charge n'est que de 50 centimètres (différence entre le niveau de l'effluent dans le doseur distributeur et celui des ajutages d'écoulement des bras rotatifs).

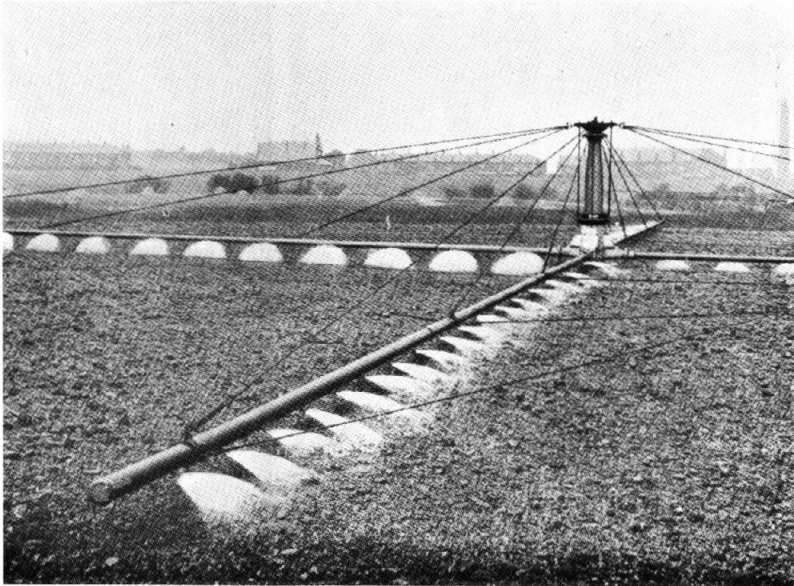


FIG. 12. — Détail d'un distributeur rotatif système Adams « Cressent ». Noter, à l'extrémité d'un bras, la valve en bronze permettant de dégorger la canalisation.

et destinée à rassembler le filtrat vers un doseur semblable au premier et commandant le filtre inférieur de la série.

Les *distributeurs rotatifs* ou sprinklers, basés sur le principe du tourniquet hydraulique, sont pourvus d'orifices

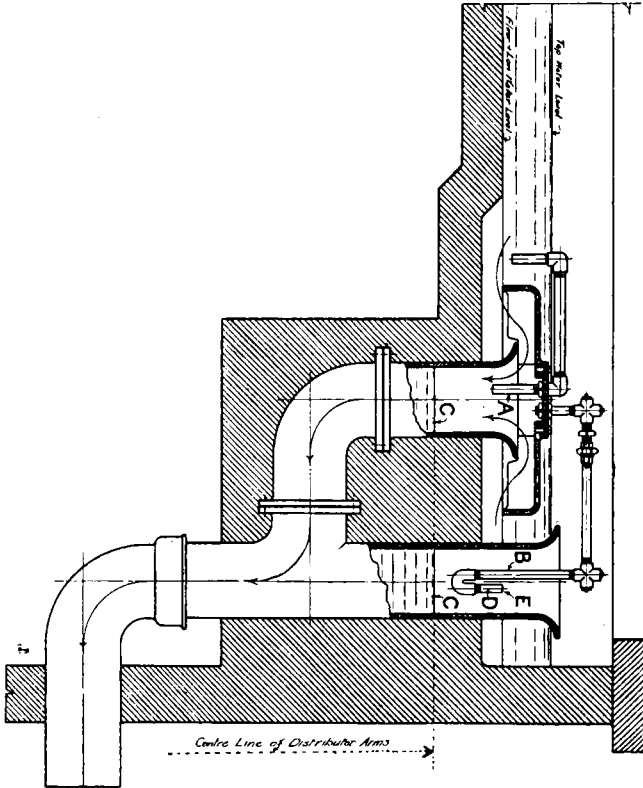


FIG. 13. — Coupe d'un des siphons auto-amorçeurs Adams utilisés dans les doseurs distributeurs des stations d'épuration d'Elisabethville. C est au niveau des ajutages du distributeur rotatif. Avant la mise en service, on verse de l'eau par l'extrémité E du tuyau d'amorçage B. Au fur et à mesure que l'effluent monte dans le doseur, l'air emprisonné sous la cloche (au-dessus de la lettre A) tend à s'échapper par E en refoulant le liquide qu'on y a versé. L'appareil est réglé pour que ce liquide soit expulsé au moment où l'effluent atteint le niveau maximum désiré dans le doseur distributeur, lequel peut alors se vider suivant le trajet indiqué par les flèches entourant la lettre A. Les opérations se poursuivront ensuite automatiquement, l'amorce D se remplissant à chaque élévation du niveau C au cours des décharges.

dont les écartements réalisent une répartition uniforme des liquides n'excédant pas, à chaque décharge, 30 litres par mètre carré de surface de filtre, au moment où l'amenée d'eau est la plus forte.

Les liaisons entre doseurs et filtres, telles qu'elles sont indiquées au schéma de la planche III, permettent de mettre l'un des filtres hors service pour lui faire subir éventuellement des réparations, sans devoir interrompre l'épuration.

L'usage des égouts d'Élisabethville est réglementé par ordonnance du 3 avril 1928, prise après consultation des représentants de la population. Les raccordements sont obligatoires.

D'une façon générale, les réseaux ainsi que les stations d'épuration qui les complètent se sont révélés à l'usage entièrement adaptés à leur destination. Les obstructions dans le réseau public sont très rares. Dans les raccordements particuliers, on en constate de temps en temps, dues à la négligence des indigènes, qui se servent d'objets les plus hétéroclites en lieu et place de papier hygiénique : morceaux de sac, carottes de maïs (1).

Grâce à une utilisation alternée des diverses fosses septiques (un mois de service suivi d'un mois de repos), les boues se digèrent très complètement et l'on est arrivé à ne devoir vider les fosses, des boues inertes qu'elles contiennent, qu'une fois tous les deux ans.

Il y aura lieu toutefois, lorsque la situation des crédits le permettra, de renouveler la masse filtrante des lits percolateurs. On a, en effet, utilisé dans ce but des blocs de latérite et des briquillons; mais avec le temps, ces élé-

(1) Aux Indes Néerlandaises, dans les latrines publiques pour indigènes, on recommande de prévoir, derrière chaque cuvette de W. C., un petit jet d'eau grâce auquel les usagers peuvent se laver après chaque opération, pour éviter qu'ils souillent les abords par des papiers, etc... (Prof. Dr J. J. VAN LOGHEM, *Tropische Gezondheidsleer*; Uitg. Kosmos, Amsterdam, 1933, p. 72).

ments ont tendance à se désagréger et à colmater les filtres. Il faudrait un matériau lourd, dur et poreux à la fois; des scories de laitier sortant des fours water-jackets de l'Union Minière du Haut-Katanga pourraient être essayées sur l'un des filtres pour commencer.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que chacune des deux stations a été conçue pour traiter journallement un volume d'effluent de l'ordre de 650 m³, les besoins ultérieurs devant être satisfaits progressivement par des dédoublements des groupes en service. Les terrains des deux emplacements de la Kampemba et du Dembo ont été réservés en conséquence. Le premier (point B de la planche I) est destiné à traiter au total 1.950 m³ d'effluent par jour et le second (point A), 3.000 m³.

Signalons encore ce moyen simple de favoriser la décomposition des boues de décantation dans les fosses de digestion, préconisé par un spécialiste allemand ⁽¹⁾ : il consiste à introduire dans la fosse, en proportion de 2 % de son contenu, des feuilles mortes qui constituent une base cellulosique à fermentation alcaline de nature à corriger l'acidité généralement trop forte de la fermentation des boues ordinaires.

Le réseau d'égouts d'Élisabethville et les deux stations d'épuration qui le complètent ont été réalisés dans les meilleures conditions, en 1926-1927, par la firme Valentin et Danheux de Bruxelles, spécialisée dans ce genre de travaux.

Woluwe-Saint-Lambert, le 27 janvier 1939.

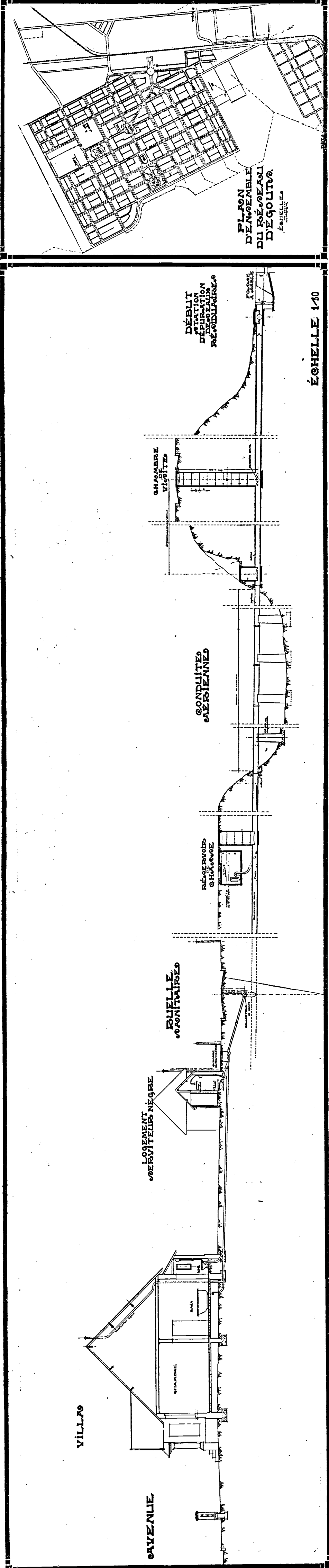
(1) C. REICHE, *Gesundheits-Ingenieur*, 1935, p. 558.

SOMMAIRE.

	Page.
INTRODUCTION	3
Divers systèmes d'installations sanitaires coloniales	3
Généralités sur l'épuration des eaux résiduaires	10
Conditions requises au Congo	15
Fosses septiques et filtres bactériens	17
Calcul des dimensions	22
Dispositifs adoptés	28
Exemple de calcul	39
Nombre de sièges dans les installations collectives..	41
Le réseau d'égouts d'Elisabethville... ..	41
Stations d'épuration des eaux résiduaires	46



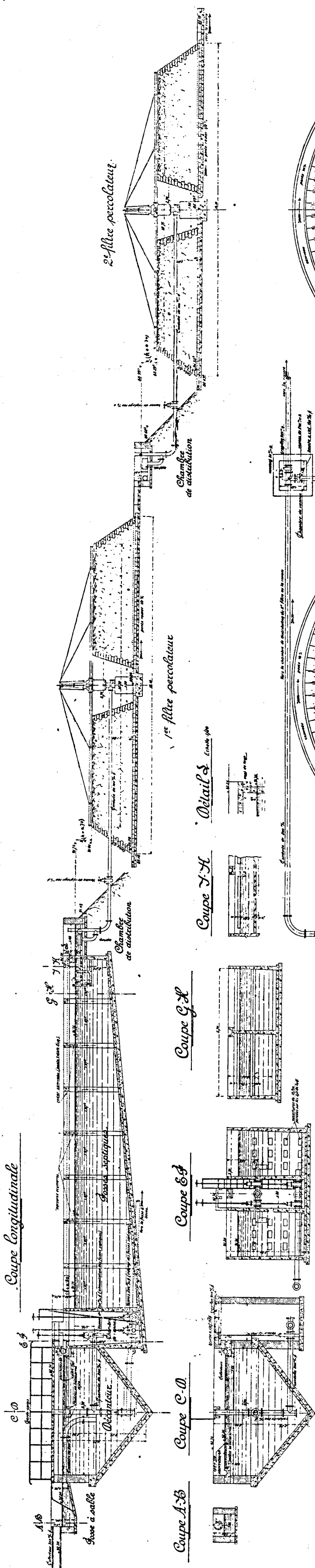
ENTREPRISE VALENTIN ET DANHEUX. RÉSEAU D'ÉGOUTS D'ÉLISABETHVILLE (MARS 1926 - NOVEMBRE 1927)



ÉCHELLE 1/100

1 2 3 4 5 6 7

Coupe Longitudinale



Coupe A-B

Coupe C-D

Coupe G-H

Détail S

Coupe J-K

Coupe L-M

Coupe N-O

Coupe P-Q

Coupe R-S

Coupe T-U

Coupe V-W

Coupe X-Y

Coupe Z-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

Coupe VV-WV

Coupe XX-YY

Coupe ZZ-AA

Coupe BB-CC

Coupe DD-EE

Coupe FF-GG

Coupe HH-II

Coupe JJ-KK

Coupe LL-MM

Coupe NN-OO

Coupe PP-QQ

Coupe RR-SR

Coupe TT-UU

LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. **125 »**

Tome II.

LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (xciv-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. **300 »**

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayaka du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. **45 »**
2. LOUWERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . fr. **12 »**
3. MOTTOULLE, le Dr L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . fr. **30 »**

Tome IV.

MERIENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamitsha :*

1. Première partie : *Ethnographie* (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 10 planches, 1935) . . . fr. **60 »**
2. Deuxième partie : *Grammaire de l'Idzing de la Kamitsha* (xxxI-388 pages, 1933) . . . fr. **115 »**

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moederlijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekroond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . fr. **5 »**
2. LOUWERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . fr. **20 »**
3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakhimba au Mayombe* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . fr. **55 »**

Tome VI.

MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . fr. **100 »**

Tome VII.

1. STRUYF, le R. P. I., *Les Bakongo dans leurs légendes* (280 pages, 1936) . . . fr. **55 »**
2. LOTAR, le R. P. L., *La grande chronique de l'Ubangi* (99 pages, 1 figure, 1937) . . . fr. **15 »**
3. VAN CAENEGHEM, de E. P. R., *Studie over de gewoontelijke strafbepalingen tegen het overspel bij de Baluba en Ba Lulua van Kasai* (Verhandeling welke in den Jaarlijkschen Wedstrijd voor 1937, den tweeden prijs bekomen heeft) (56 bl., 1938) . . . fr. **10 »**
4. HULSTAERT, le R. P. G., *Les sanctions coutumières contre l'adultère chez les Nkundó* (mémoire couronné au concours annuel de 1937) (53 pages, 1938) . . . fr. **10 »**

Tome VIII.

HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundó* (520 pages, 1 carte, 1938) . . . fr. **100 »**

Tome IX.

1. VAN WING, le R. P. J., *Études Bakongo. — II. Religion et Magie* (301 pages, 2 figures, 1 carte, 8 planches, 1938) . . . fr. **60 »**

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. **15 »**
2. DUROIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . . . fr. **13 »**
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . . . fr. **5 »**
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescant de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance!* (51 pages, 2 planches, 1933) . . . fr. **10 »**
5. ABRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . . . fr. **24 »**
6. VAN NITSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . . . fr. **45 »**
7. STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Étude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . . . fr. **20 »**
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diagr., 1 carte, 1933) . . . fr. **40 »**

Tome II.

1. HAUMAN, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) 26 »
3. HENRY, G., *Etude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934). 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) 35 »
5. POINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7° au 8° parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934). 22 »

Tome III.

1. LEBRUN, J., *Les espèces congolaises du genre Ficus L.* (79 pages, 4 figures, 1934). 12 »
2. SCHWEIZ, le Dr J., *Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental* (45 pages, 1 carte, 1934). 8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GRÉGOIRE et OROLOVITCH, *A propos de médicaments indigènes congolais* (127 pages, 1935) 17 »
4. DELEVOY, G. et ROBERT, M., *Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie* (104 pages, 2 cartes, 1935) 16 »
5. LEPLAE, E., *Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle* (248 pages, 12 planches, 1936) 40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmées* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935) 5 »
2. JULIEN, le Dr P., *Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeeën en der omwonende Negerstammen* (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935) 6 »
3. VLASSOV, S., *Espèces alimentaires du genre Artocarpus. — 1. L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier* (80 pages, 10 planches, 1936) 18 »
4. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de formes du genre Uragoga L. (Rubiaceés). — Afrique occidentale et centrale* (188 pages, 1936) 27 »
5. DE WILDEMAN, E., *Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)* (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936). 35 »

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., *Sur la distribution des saponines dans le règne végétal* (94 pages, 1936) fr. 16 »
2. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., *Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori* (31 pages, 5 planches, 1936) 10 »
3. DE WILDEMAN, E., *A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)* (58 pages, 1937) 10 »
4. HISSETTE, le Dr J., *Onchocercose oculaire* (120 pages, 5 planches, 1937) 25 »
5. DUREN, le Dr A., *Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge* (86 pages, 4 figures, 2 planches, 1937) 16 »
6. STANER, P. et BOUTIQUE, R., *Matériaux pour les plantes médicinales indigènes du Congo belge* (228 pages, 17 figures, 1937) 40 »

Tome VI.

1. BURGEON, L., *Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori* (140 pages, 1937) 25 »
2. LEPERSONNE, J., *Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise* (68 pages, 6 figures, 1937). 12 »
3. CASTAGNE, E., *Contribution à l'étude chimique des légumineuses insecticides du Congo belge* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (102 pages, 2 figures, 9 planches, 1938) 45 »
4. DE WILDEMAN, E., *Sur des plantes médicinales ou utiles du Mayumbe (Congo belge), d'après des notes du R. P. WELLENS † (1891-1924)* (97 pages, 1938) 17 »
5. ADRIAENS, L., *Le Ricin au Congo belge. — Etude chimique des graines, des huiles et des sous-produits* (206 pages, 11 diagrammes, 12 planches, 1 carte, 1938) 60 »

Tome VII.

1. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le paludisme endémique du Bas-Congo et du Kwango* (164 pages, 1 croquis, 1938) 28 »
2. DE WILDEMAN, E., *Dioscorea alimentaires et toxiques* (morphologie et biologie) (262 pages, 1938) 45 »
3. LEPLAE, E., *Le palmier à huile en Afrique, son exploitation au Congo belge et en Extrême-Orient* (108 pages, 11 planches, 1939) 30 »

Tome VIII.

1. MICHOT, P., *Etude pétrographique et géologique du Ruwenzori septentrional* (271 pages, 17 figures, 48 planches, 2 cartes, 1938) 85 »
2. BOUCKAERT, J., CASIER, H., et JADIN, J., *Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du phosphore chez les indigènes de l'Afrique centrale* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (25 pages, 1938) 6 »
3. VAN DEN BERGHE, L., *Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi* (154 pages, 14 figures, 27 planches, 1939) 45 »

COLLECTION IN-8° (suite)

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., *La force motrice pour les petites entreprises coloniales* (188 p., 1935). 19 »
2. HELLINCKX, L., *Études sur le Copal-Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935). 11 »
3. DEVROEY, E., *Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganika* (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938) 30 »
4. FONTAINAS, P., *Les exploitations minières de haute montagne au Ruanda-Urundi* (59 pages, 31 figures, 1938) 18 »
5. DEVROEY, E., *Installations sanitaires et épuration des eaux résiduaires au Congo belge* (56 pages, 13 figures, 3 cartes, 1939). 20 »

Tome II.

1. DEVROEY, E., *Le réseau routier au Congo belge et au Ruanda-Urundi* (218 pages, 62 figures, 2 cartes, 1939) 60 »

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- SCHEBESTA (le R. P. P.), *Die Bambuti-Pygmäen vom Ituri* (1 frontispice, I-XVIII+1-440 pages, 16 figures, 11 diagrammes, 32 planches, 1 carte, 1938) 250 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 p., 6 pl., 1931). fr. 20 »
2. VANDERYST, le R. P. H., *Les roches oolithiques du système schisto-calcaire dans le Congo occidental* (70 pages, 10 figures, 1932) 20 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)* (154 pages, 1932) 32 »
4. SCAËTTA, H., *Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène* (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932). 26 »
5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., *Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge* (27 p., 2 cartes, 1932). 10 »
6. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Panicum L.* (80 pages, 5 planches, 1932) 25 »
7. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai* (82 pages, 12 figures, 1933) 25 »

Tome II.

1. THOREAU, J. et DU TRIEU DE TERDONCK, R., *Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)* (70 pages, 17 planches, 1933) 50 »
2. SCAËTTA, H., *Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire* (108 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933) 60 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *L'élevage extensif du gros bétail par les Bampombos et Baholos du Congo portugais* (50 pages, 5 figures, 1933) 14 »
4. POLINARD, E., *Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville* (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934). 40 »

Tome III.

- SCAËTTA, H., *Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil* (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934) 100 »

Tome IV.

1. POLINARD, E., *La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimaie et de la Lubi vers le 6° parallèle Sud* (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartes, 1935) 25 »
2. POLINARD, E., *Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo* (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935). 15 »
3. POLINARD, E., *Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Oubangui-Chari)* (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935) 60 »

Tome V.

1. ROBYNS, W., *Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge* (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936). 60 »
 2. SCAËTTA, H., *La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation* (351 pages, 10 planches, 1937) 115 »

Tome VI.

1. GYSIN, M., *Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional* (259 pages, 4 figures, 1 carte, 4 planches, 1937) 65 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, fig., 1930) 25 »
 2. ANTHOINE, R., *Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto* (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933) 50 »
 3. MAURY, J., *Triangulation du Congo oriental* (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934) 50 »

Tome II.

1. ANTHOINE, R., *L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi* (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936) 10 »
 2. MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire* (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936) 45 »
 3. DEHALU, M. et PAUWEN, L., *Laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liège. Description, théorie et usage des appareils de prises de vues, du stéréoplanigraphe C, et de l'Aéromultiplex Zeiss* (80 pages, 40 fig., 2 planches, 1938) 20 »

Sous presse.

- J. LEBRUN, *Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo* (in-8°).
 MERTENS, le R. P. J., *Les chefs couronnés chez les Ba Koongo. Etude de régime successoral* (in-8°).
 R. TONNEAU et J. CHARPENTIER, *Etude de la récupération de l'or et des sables noirs d'un gravier alluvionnaire* (in-4°).
 L. VAN DEN BERGHE, *Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi* (in-8°).
 L. ADRIAENS, *Contribution à l'étude chimique de quelques gommés du Congo belge* (in-8°).
 J. MAURY, *Triangulation du Bas-Congo* (in-4°).
 J. VAN RIEL (Dr), *Le Service médical de la Compagnie Minière des Grands Lacs Africains et la situation sanitaire de la main-d'œuvre* (in-8°).
 L. HERMANS, *Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la carte magnétique du Congo belge* (in-4°).
 E. POLINARD, *La bordure nord du socle granitique dans la région de la Lubi et de la Rushimaie* (in-8°).
 E. DE WILHEMAN, DES TROLLI, DRICOT, TESSITORE et M. MORTIAUX, *Notes sur des plantes médicinales alimentaires du Congo belge* (in-8°).
 E. DEVROY, *Le lac Kivu* (in-8°).
 J. A. TIARKO FOURCHE et H. MORLIGHEM, *Les communications des indigènes du Kasai avec les âmes des morts* (in-8°).

BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

	Belgique.	Congo belge.	Union postale universelle.
Abonnement annuel.	fr. 60.—	fr. 70.—	fr. 75.— (15 Belgas)
Prix par fascicule	fr. 25.—	fr. 30.—	fr. 30.— (6 Belgas)

Tome I (1929-1930)	608 pages	Tome VI (1935)	765 pages
Tome II (1931)	694 »	Tome VII (1936)	626 »
Tome III (1932)	680 »	Tome VIII (1937)	895 »
Tome IV (1933)	884 »	Tome IX (1938)	871 »
Tome V (1934)	738 »		

M. HAYEZ, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112. Bruxelles.
 (Domicile légal : rue de la Chancellerie, 4)

Made in Belgium.