Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 81 (1955)

Heft: 21-22: École polytechnique fédérale Zurich: centenaire 1855-1955, fasc. no 2

Artikel: Boues d'égouts et ordures ménagères: est-il intéressant de traiter ensemble ces résidus urbains?

Autor: Jéquier, Léon

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61374

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BOUES D'ÉGOUTS ET ORDURES MÉNAGÈRES

Est-il intéressant de traiter ensemble ces résidus urbains?

par LÉON JÉQUIER, ingénieur E.P.F.

Société OFINCO, Genève

Introduction

Le traitement des résidus urbains, eaux d'égouts et ordures ménagères est un problème qui se pose à toutes les agglomérations. En général les autorités municipales ont tendance à le repousser plutôt qu'à le résoudre, car il est à première vue simple et bon marché d'envoyer les eaux sales dans le cours d'eau ou le lac le plus voisin et de mettre les ordures à la décharge pas trop loin si possible. Si elle est peu onéreuse, cette manière de faire primitive présente de graves inconvénients qui malheureusement ne se font sentir qu'à la longue : pollution des cours d'eau et des lacs, paysages enlaidis et déshonorés par les tas d'ordures ou de ferraille, papiers envolés, etc. La révolution industrielle actuelle a rendu ces inconvénients d'autant plus graves qu'elle augmente continuellement la concentration des hommes dans des agglomérations de plus en plus importantes et qu'elle amène une notable amélioration de la vie matérielle et par conséquent de la quantité de déchets. Si autrefois la nature épurait les eaux sales et détruisait les ordures sans qu'on ait à s'en soucier, elle est maintenant débordée et il faut venir à son aide pour que notre pays ne se transforme pas peu à peu en un vaste champ d'ordures, nos ruisseaux et nos lacs en égouts.

Le nouvel article constitutionnel et la loi fédérale en cours de discussion devant le parlement obligent les autorités communales à s'occuper de ce problème. Techniquement parlant, on dispose de nombreux procédés bien au point qu'on peut choisir et adapter dans chaque cas particulier pour obtenir les résultats désirés.

Financièrement, par contre, l'effort à faire est lourd à porter, car pour une commune de 10 000 à 15 000 habitants on peut compter que la construction d'une usine de traitement des ordures coûtera environ 20 à 40 fr./hab., celle d'une installation simple d'épuration des eaux environ 50 à 60 fr./hab., réseau d'égouts et collecteurs principaux non compris. D'autre part l'exploitation de stations de traitement d'ordures ou d'eaux usées couvrira à peu près ses frais si on peut vendre les sous-produits, chaleur, terreau, gaz et boues suivant l'installation. Amortissements et intérêts du capital engagé restent à la charge de la communauté.

On considère presque toujours que le problème de l'évacuation des ordures et celui du traitement des eaux d'égouts sont sans rapport. Ceci est une erreur car dans de nombreux cas on peut trouver un traitement combiné ordures-eaux usées, préférable techniquement et économiquement à des traitements séparés.

Avant de décrire comment, dans l'état actuel de la technique, on peut envisager le traitement combiné des ordures et des eaux d'égouts, on donnera quelques précisions sur la nature et les quantités des produits à traiter.

1. Les eaux usées

La consommation d'eau en Suisse est très élevée puisque dans certaines villes elle dépasse 600 l/hab./j. Environ 80 % de ces quantités sont évacués par les égouts. En moyenne cependant on peut compter qu'on retrouve dans les égouts 300-400 l/hab./j., plus les eaux de pluie. Presque tous les réseaux d'égouts de notre pays sont en effet du système unitaire, c'est-à-dire qu'ils récoltent en même temps les eaux-vannes et les eaux de pluie. Aux Etats-Unis les chiffres sont voisins des nôtres, mais dans les autres pays d'Europe on compte en général avec des quantités d'eau beaucoup plus faibles, parfois même moins de 100 l/hab./j. lorsqu'on récolte à part les eaux-vannes (système séparatif) (1, 15).

L'épuration des eaux usées est presque toujours faite selon le schéma de la figure 1, plus ou moins complètement réalisé. On obtient ainsi d'une part de l'eau épurée, d'autre part des boues riches en eau et contenant en matière sèche les quantités suivantes par habitant et par jour. Ces quantités varient peu d'un endroit à l'autre.

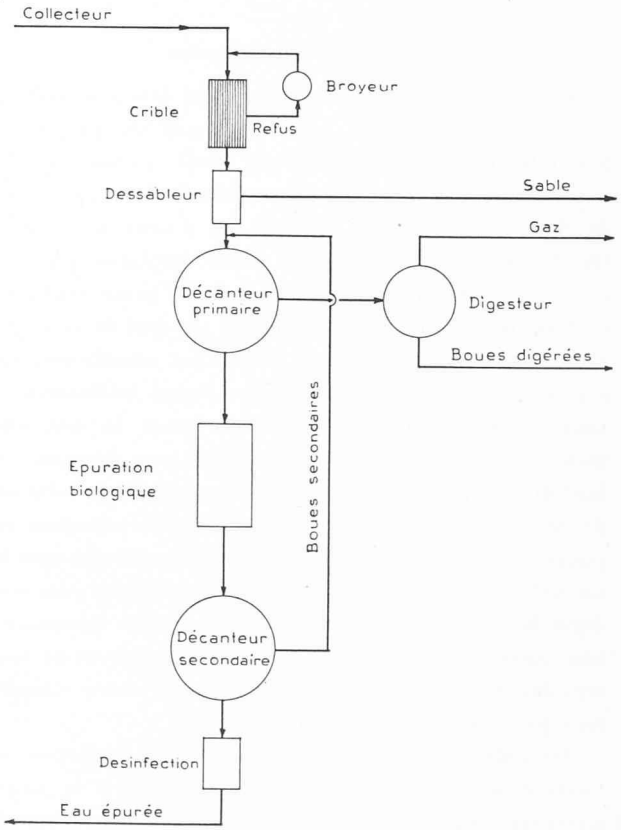

Fig. 1. — Schéma de principe de l'épuration des eaux d'égouts.

	Matière sèche gr/hab/j	Matière organique %	Eau %	Référence
Boues de décantation (boues primaires)	63,5 54	65-70 —	95-97,5 95-97,5	1 15
Boues de lits bactériens à forte charge	— 20	45 —	93 95	1 15
Boues activées	— 31	65 —	98-99 98,5	1 15
Boues primaires + boues activées	100 85	64,5 —	— 95,5	1 15

Les chiffres donnés par Imhoff (15) sont valables pour la plupart des pays d'Europe, mais pour les Etats-Unis il est préférable d'utiliser ceux de Babbitt (1). Pour la Suisse on peut également adopter les valeurs de ce dernier auteur.

Ces boues d'égouts sont riches en eau (> 95 %), facilement putrescibles et malodorantes. Il faut s'en débarrasser, ce pour quoi on les fait digérer, c'est-à-dire fermenter à l'abri de l'air dans des digesteurs où les bactéries transforment environ la moitié des matières organiques en gaz, composé en gros de deux tiers de méthane et d'un tiers de gaz carbonique. Les boues digérées sont inodores et retiennent moins d'eau que les boues fraîches.

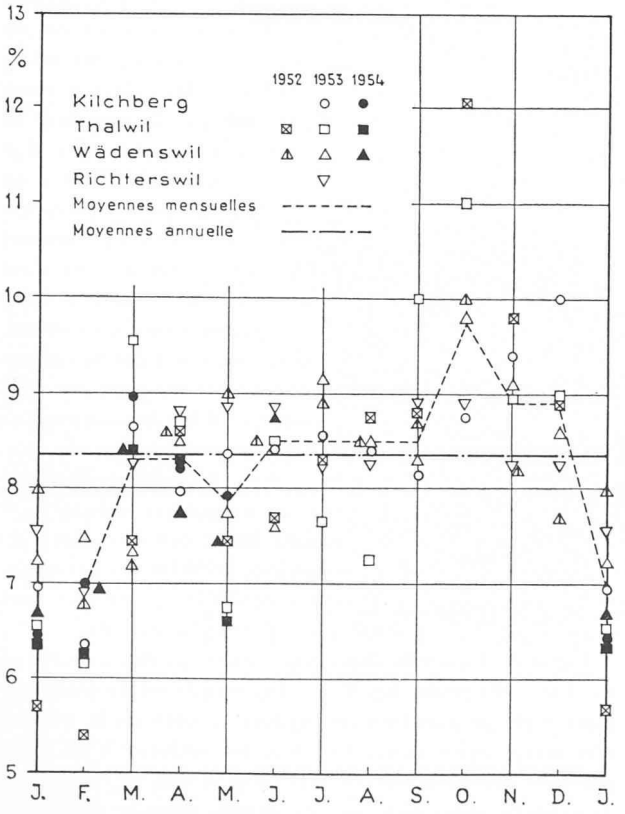

Fig. 2. — Répartition des quantités d'ordures produites au cours de l'année.

Leur séchage et leur utilisation ou leur destruction sont un problème souvent délicat à résoudre.

2. Les ordures

Si les quantités de matière sèche des boues d'égouts sont à peu près les mêmes d'une commune à l'autre et d'une saison à l'autre, il n'en est pas du tout de même pour les ordures. Celles-ci varient considérablement tant en qualité qu'en quantité et cela non seulement d'une commune à l'autre, mais dans une même commune d'un jour et d'une saison à l'autre. Voici quelques chiffres donnés par la littérature : En Suisse, au cours de l'année 1937 (14), la quantité d'ordures produites varie de 0,1 à 1,1 m^3/hab./an suivant les communes. En moyenne, plus les communes sont importantes, plus elles produisent d'ordures par habitant. La densité des ordures est extrêmement variable, mais on peut compter en moyenne environ 340 kg/m^3, c'est-à-dire de 255 à 475 kg/hab/an suivant les communes. Pour les communes du canton de Bâle-Campagne (30) on arrive en moyenne à 0,32 m^3/hab./an ce qui fait environ 100 kg/hab./an. A Genève, d'après les indications du Service de la Voirie, on avait pour 1950-1952, 175 kg/hab./an ; dans ce dernier chiffre les cendres ne sont pas comprises, car en hiver elles sont récoltées à part. Les communes zurichoises de la rive gauche du lac de Zurich ont donné les chiffres suivants d'après les mesures qu'elles ont faites :

	1952	1953	1954 (prévision)
Kilchberg	166	181	216
Thalwil	118	147	158
Oberrieden	—	—	240
Horgen	—	129	130
Wädenswil	159	192	210
Richterswil	—	57	70
Moyenne . . .	145	149	156

Pour ces communes la répartition mensuelle est donnée par le graphique de la figure 2 qui, comme les quantités des tableaux ci-dessus, comprend les ordures ménagères proprement dites, les cendres et mâchefers, les déchets de jardin et les autres gros déchets.

En Allemagne pour les principales villes les chiffres donnés (33) sont de 175 kg/hab./an sauf pour Munich (145 kg/hab./an) et pour Francfort (308 kg/hab./an). En Hollande (33) les chiffres sont passablement plus élevés, la moyenne étant de 222 kg/hab./an. En France également les chiffres sont élevés puisque la moyenne des villes ayant plus de 10 000 habitants est de 245 kg. Ces chiffres sont à peu près les mêmes pour 1938 et 1951 (16, 24). Aux Etats-Unis, les quantités d'ordures sont encore plus élevées : 350-400 kg/hab./an (46).

La composition des ordures est difficile à déterminer et on n'a que rarement des données à peu près complètes et surtout comparables d'une ville à l'autre. Pour Genève, le Service de la voirie a établi au début de l'année 1950 les chiffres suivants (cendres et mâchefers non compris) :

	Ordures ménagères		Marchés	Totaux
	%	t/an	t/an	t/an
Chiffons	1,9	485	—	485
Métaux	3,5	890	—	890
Cuirs	0,3	77	—	77
Verre	3,8	968	—	968
Cendres fines . . .	17,9	4 670	—	4 570
Déchets organiques	50	12 750	598	13 348
Papier	22,6	5 760	397	6 157
Totaux . . .	100,0	25 500	995	26 495

A Kusnacht où un Egsetor de la maison Dano trie et broie légèrement les ordures, le produit fin obtenu a, d'après les analyses de la Société Ofinco, une composition qui varie au cours de l'année selon les indications de la figure 3.

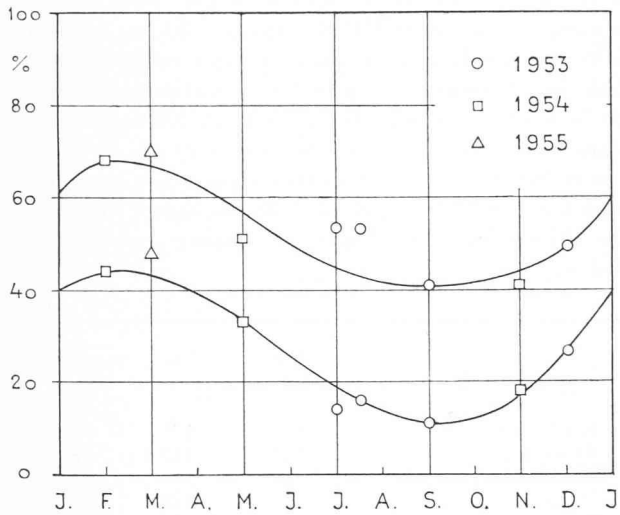

Fig. 3. — Composition des ordures broyées sortant de l'appareil Dano.

Le plus souvent on se débarrasse des ordures en les mettant à la décharge. Celle-ci est plus ou moins bien contrôlée et réglée. On peut aussi incinérer les ordures ou les transformer en terreau. L'incinération nécessite des installations coûteuses et dont l'exploitation est assez onéreuse ; elle n'est justifiée que dans les très grandes agglomérations ou dans certains cas spéciaux. La fabrication de terreau se fait dans des installations bien plus simples, même si on utilise les procédés les plus modernes qui évitent tout contact du personnel avec les ordures et donnent un produit parfaitement pasteurisé et de bonne qualité.

3. Les possibilités de combiner le traitement des eaux d'égouts et des ordures

Si on ne tient pas compte d'un procédé qui fut proposé il y a plusieurs années et qui consiste à faire passer l'eau d'égout sur les ordures ménagères disposées comme lits bactériens et agissant comme tels, il y a deux moyens de combiner le traitement des ordures et celui des eaux d'égouts :

a) Broyer les ordures et les délayer avec de l'eau de manière à en faire une boue que l'on met à digérer avec les boues provenant de l'épuration des eaux d'égouts.

b) Mélanger les boues d'égouts digérées avec des ordures et faire fermenter le tout de manière aérobie ce qui produit un excellent terreau.

Le premier procédé est intéressant lorsqu'on a à traiter des quantités importantes ; le deuxième, parce que plus simple, convient mieux aux agglomérations moyennes ou petites.

4. Digestion des ordures avec les boues d'égouts

Ce procédé est employé depuis de nombreuses années dans diverses villes des Etats-Unis (Marion, Lansing, Richmond, etc.) (8, 27, 28, 29, 40) où il donne toute satisfaction, bien que sa réalisation présente certaines difficultés techniques.

La préparation des ordures comporte un tri qui doit enlever les gros morceaux difficiles à broyer (métaux, bois, pierre, etc.), un broyage avec délayage dans l'eau et un dessablage.

Aux Etats-Unis, certaines villes ont créé des stations de tri et de broyage qui déversent directement les ordures broyées dans les égouts. Ces stations sont très simples et le tri y est fait à la main. Ceci est peu hygiénique et il faut encore se débarrasser de ce qui ne peut pas passer dans le broyeur. Cette introduction directe des ordures broyées dans les égouts paraît à première vue résoudre de manière satisfaisante le problème des ordures. On peut en effet placer les stations de manière à réduire le chemin des camions de collecte, le personnel de collecte faisant lui-même fonctionner les stations sans grande perte de temps. Malheureusement on ne peut appliquer cette solution que si les égouts et la station d'épuration sont capables de faire face à cette augmentation de charge. Tel n'est pas le cas dans la plupart de nos villes suisses. On peut encore aller plus loin et envisager de ne plus récolter les ordures en obligeant les habitants à adapter de petits broyeurs d'ordures sous leurs éviers. Ceci a été fait dans certains quartiers neufs de villes américaines. Chez nous c'est avec raison que certaines autorités cantonales se sont opposées à la diffusion de ces petits broyeurs sous éviers, car elle chargerait trop les égouts sans réduire beaucoup les frais de collecte des ordures : on ne peut en effet broyer que les déchets de cuisine et il faudra toujours se débarrasser des autres déchets, papiers, boîtes de conserves, emballages, cendres, etc. Aux Etats-Unis, le problème est différent, car de nombreux ménages et industries brûlent eux-mêmes leurs ordures dans de petits incinérateurs: il y a environ 1 000 000 de ces appareils à San Francisco où ils contribuent pour une part importante à la pollution de l'atmosphère (46).

Pour appliquer la digestion commune des ordures et des boues d'égouts (fig. 4), le plus simple est de créer une station de préparation des ordures à côté de la station d'épuration des eaux. On trie les ordures à la main puis on les broie avec beaucoup d'eau et, après un dessablage sommaire, on les envoie dans le digesteur. Cette méthode est simple, bon marché et facile à appliquer. En Suisse le tri manuel ne peut être envisagé :

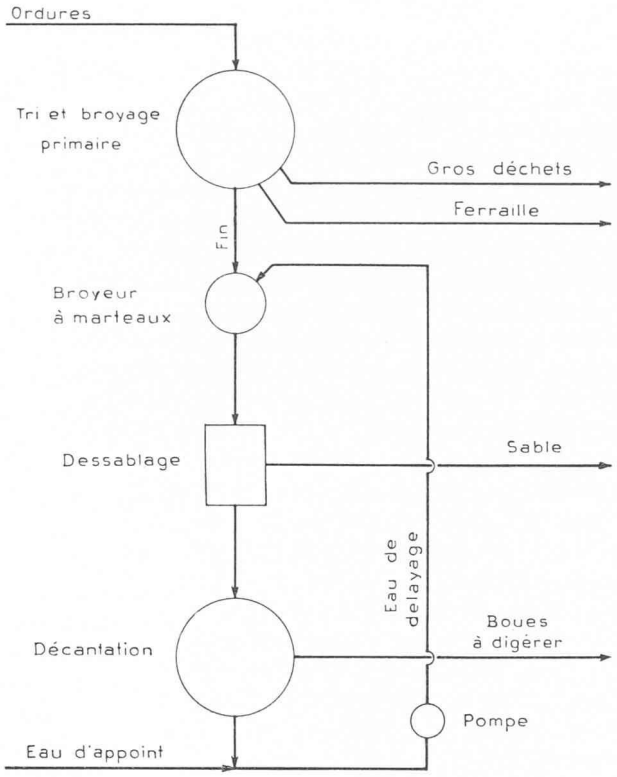

Fig. 4. — Schéma de principe du délayage des ordures.

c'est une méthode peu hygiénique comme on s'en rend compte en visitant l'une quelconque des installations de traitement d'ordures où se pratique un tel tri (Avignon, Cannes, Romainville, Schiedam, etc.).

Le tri manuel peut être remplacé par un tamisage accompagné d'un léger broyage de manière que toutes les matières fines ou fermentescibles passent à travers le tamis et que les morceaux durs et non fermentescibles ne soient pas broyés mais extraits à peu près propres de l'appareil. Il existe trois appareils qui permettent d'atteindre ce but. Le premier, mis au point par la Vuilafvoer Maatschappij (V.A.M.), à Schiedam (Hollande) (24) est une grande râpe composée d'un plateau circulaire muni de trous et de pointes. Les ordures sont déversées sur ce plateau et une série de bras tournants, munis eux aussi de pointes, les déchiquettent et font passer ce qui est fin et peu dur à travers les trous du plateau. Cette machine donne de bons résultats, mais coûte assez cher d'achat et d'exploitation. Le deuxième appareil, l'Egsetor, de la maison Dano à Copenhague, est basé sur un principe analogue (7) : c'est un grand tambour tournant autour d'un axe horizontal et dont la paroi externe est formée d'une grille en fonte. Ce tambour est à moitié rempli d'ordures et en tournant il agite la masse de telle manière que les morceaux les moins durs sont déchiquetés et écrasés par les morceaux les plus durs et tombent à travers les grilles avec les matières fines. Enfin le troisième appareil qui peut être employé pour cela est le Biostabilisator (37), lui aussi fabriqué par la maison Dano. C'est un gros cylindre à axe légèrement incliné et tournant lentement. Les ordures, sans aucun tri, entrent à une extrémité et sortent à l'autre, après un temps de séjour de un à deux jours. Pendant ce temps, les matières organiques subissent un début de fermentation aérobie. A la sortie les ordures sont triées sur un simple tamis vibrant ce qui est possible car, du fait du début de la fermentation, il y a eu ce que l'on peut appeler un « broyage biologique », c'est-à-dire une désagrégation de la matière organique qui perd sa cohésion, l'agitation dans l'appareil et la répartition de l'humidité de manière régulière dans toute la masse complétant ce broyage.

Le produit préparé dans l'un ou l'autre de ces appareils peut être facilement broyé avec de l'eau, puis dessablé sans difficulté. Ce dessablage est un point important de la préparation des ordures car il faut éviter les dépôts de sable dans les digesteurs et leurs conséquences qui peuvent être fort déagréables. Des essais de la Société Ofinco ont montré que le broyage était facile ainsi que le dessablage si la quantité d'eau de délayage est suffisante, de l'ordre de 97 % du volume des boues produites. Comme cette dilution est élevée, on a intérêt à prévoir un épaississement des boues avant envoi au digesteur. Les dimensions de cet appareil sont en effet proportionnelles à la quantité de boues, eau comprise, qu'il doit traiter en un temps donné et ne dépendent que peu de la quantité de matières organiques qui doit effectivement être digérée dans ce temps (27, 34, 35).

La digestion des boues d'égouts avec des ordures bien préparées permet d'obtenir à charge égale des digesteurs une décomposition un peu plus poussée des matières organiques que si l'on fait digérer des boues d'égouts seules. Ceci a été démontré entre autres par les essais faits par le professeur Pöpel à Amersfoort (27) et par les résultats obtenus dans des villes américaines qui appliquent ce procédé.

D'après les chiffres qui sont donnés plus haut, on voit que la quantité de matières organiques apportées par les ordures est de deux à quatre fois plus importante que celle apportée par les boues d'égouts. On ne peut donc simplement introduire des ordures broyées dans les digesteurs d'une station d'épuration existante sans les avoir augmentés ou modifiés de manière qu'ils aient la capacité voulue.

A ce propos, il faut signaler que la technique de la digestion des boues a fait des progrès considérables au cours de ces dernières années. En rendant la digestion continue, en séparant le processus de digestion de la décantation des boues digérées, en inoculant de manière massive les boues entrant au moyen d'une recirculation de boues digérées, on a pu réduire la durée de la digestion de 30–40 jours à 10 jours, tout en obtenant un même degré de destruction des matières organiques (11, 17, 22, 23, 26, 27, 35, 45).

Par les procédés de lavage des boues digérées mis au point il y a quelques années (10, 12, 27, 31, 36, 41, 43, 44, 45), on brasse les boues digérées avec un grand volume d'eau. On dilue ainsi l'eau de digestion qui est chargée en sels (essentiellement en carbonates) et on détache des particules de boue les très fines bulles de gaz qui y adhèrent. On facilite ainsi énormément la décantation des boues et on peut obtenir des boues contenant moins de 80 % d'eau et une eau de digestion qui, bien que plus abondante du fait de la présence de l'eau de lavage, charge beaucoup moins les stations d'épuration que l'eau de digestion habituelle, car elle entraîne au

total sensiblement moins de corps colloïdaux ou en suspension.

Les boues digérées, même si elles contiennent moins de 80 % d'eau, sont encore liquides ou tout au moins pâteuses et, quelle que soit leur traitement ultérieur, il faut les sécher encore. Ceci est un point délicat surtout lorsqu'on fait digérer ensemble boues d'égouts et ordures : les boues sont alors beaucoup plus abondantes. De nombreuses méthodes ont déjà été proposées pour se débarrasser des boues digérées si encombrantes. Toutes ces méthodes sont onéreuses, même la plus simple qui consiste à les faire sécher sur des massifs de séchage (1, 3, 15, 21, 25, 41). On peut donc regretter que le nouveau « Règlement laitier » de la Confédération interdise l'épandage des boues sur les champs pendant certaines saisons. Si des boues convenablement digérées ne contiennent plus de germes de maladies du fait de l'action antibiotique des bactéries méthanigènes qui règnent dans les digesteurs (27), leur épandage favorise la croissance de plantes qui nuisent à la qualité du fourrage.

Pour le séchage des boues, on a essayé divers moyens mécaniques. La centrifugation, même avec les types les plus modernes de centrifuges ne permet d'enlever que très peu d'eau (essais de la S. A. des Appareils centrifuges, Brevets Sharpless). La filtration donne des résultats partiels mais doit être précédée d'une coagulation des boues. On utilise en général dans ce but des additions importantes, et par conséquent onéreuses, de chlorure ferrique (environ 3 % du poids des matières sèches) et de chaux vive (environ 6 %), la boue étant ensuite filtrée sur filtres rotatifs à vide (1, 12, 15, 21). Ce procédé est couramment appliqué aux Etats-Unis et donne une boue contenant encore 70 % d'eau et qui peut être brûlée dans des fours spéciaux (13). Dans le procédé Porteous (9, 19, 20), on coagule les boues en les chauffant sous pression à 190°. Ce procédé anglais donne, après filtration dans des filtres-presses, une boue à 50 % d'eau qui sèche facilement sous hangar jusqu'à environ 10 % d'eau. Malheureusement la chaleur nécessaire est supérieure à celle que peut fournir la combustion de la boue séchée et les filtres-presses exigent une main d'œuvre importante. On a aussi cherché à coaguler la boue par le froid (4, 5, 6), mais malgré des résultats intéressants, il ne semble pas que ce procédé ait dépassé le stade des essais. Par contre l'utilisation de tamis vibrants (procédé du Dr Heymann) donne une boue qui peut être séchée par pression à 50-60 % d'eau. Un autre appareil, dont la mise au point est en cours, donnerait des résultats analogues. Une boue à 50-60 % d'eau peut être transformée en terreau par fermentation aérobie dans un Biostabilisator.

Dans le cas de la digestion en commun des boues et ordures, le calcul montre qu'il est possible de se débarrasser complètement des boues digérées si elles contiennent 80 % d'eau ou moins, en les brûlant au moyen de leur propre chaleur de combustion complétée par la chaleur de combustion des gros déchets des ordures. Ces gros déchets doivent en effet être soit brûlés soit mis à la décharge. Il est plus simple de les brûler, d'autant plus qu'ils sont formés en grande partie de bois, carton, chiffons et sont donc un excellent combustible. Il faut naturellement que cette incinération des boues et des gros déchets soit faite dans des fours spéciaux permettant un séchage rationnel avant la combustion. On peut aussi retirer une partie des boues séchées avant la combustion pour en faire du terreau.

A part les cendres et les métaux récupérés, le seul produit de l'opération est le gaz de digestion composé d'environ un tiers de gaz carbonique et deux tiers de méthane. Ce gaz peut être utilisé tel quel pour des chauffages industriels ou urbains. La présence de proportions importantes de gaz carbonique a toutefois l'inconvénient de réduire le pouvoir calorifique et la température de la flamme, ce qui diminue le rendement thermique des foyers. Il est donc indiqué, au moins pour les installations importantes, d'enlever le gaz carbonique par lavage. Le méthane épuré est un combustible de choix ou, si on le préfère, une matière première précieuse pour l'industrie chimique qui peut l'utiliser pour la fabrication de dérivés halogénés, d'acétylène, etc. Comme combustible, il peut être livré soit à une industrie où il remplacera avantageusement les combustibles liquides, soit à une usine à gaz qui le traitera et le mélangera au gaz de ville. Le méthane provenant de la digestion des ordures et des boues d'égouts équivaut environ au quart du gaz consommé dans l'agglomération. Enfin le gaz carbonique extrait par lavage peut être épuré et livré sous forme de neige carbonique (glace sèche) ou d'acide carbonique liquide. On voit donc que ce procédé appliqué dans nos principales villes serait un sérieux appoint à notre économie nationale.

5. Fermentation en commun des ordures et des boues d'égouts

Il est bien connu qu'en faisant fermenter des ordures de manière aérobie on peut obtenir, dans des conditions convenables, un excellent terreau. Cette fermentation des ordures dégage de la chaleur par suite de la combustion lente d'une partie des matières organiques sous l'action des micro-organismes. Il est donc naturel de songer à utiliser cette chaleur pour évaporer une partie de l'eau des boues d'égouts en les mélangeant aux ordures avant fermentation. Les boues, par leur richesse en azote, facilitent la fermentation et améliorent la qualité du terreau produit.

La fermentation en commun des boues digérées et des ordures exige une certaine préparation des ordures et un mélange aussi homogène que possible avec les boues. Pratiquement on a réalisé la chose de deux manières différentes, si l'on ne tient pas compte des procédés manuels encore parfois employés.

La première solution est celle qui a été appliquée par le professeur Pöpel à Baden-Baden (31, 32). Elle consiste à faire passer les ordures dans un trommel de tamisage. Les très fines particules sont éliminées, car ce sont essentiellement des cendres. Les parties moyennes et grosses sont ensuite triées manuellement, débarrassées de leur fer par un électro-aimant, puis envoyées dans une sorte de bétonnière où elles sont mélangées avec une quantité de boues telle que le produit ne soit pas trop humide. Ce produit est ensuite mis en tas munis de dispositifs d'aération et où la fermentation se fait en quelques mois, la température atteignant 70°.

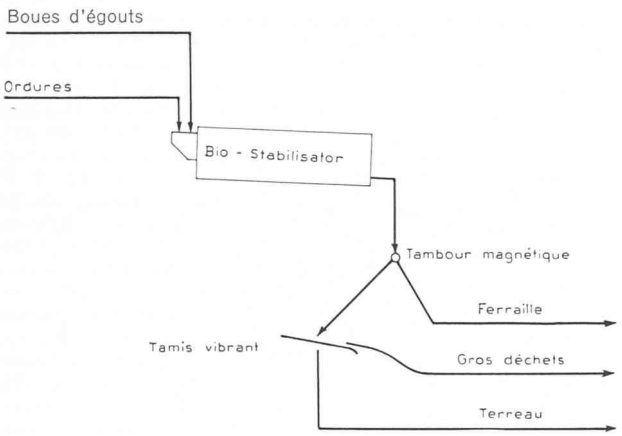

Fig. 5. — Schéma de principe de la transformation en terreau des ordures et boues digérées.

Après fermentation, le terreau est légèrement broyé pour défaire les mottes, puis tamisé. Le produit obtenu est excellent, l'installation est relativement bon marché, mais les manutentions nécessitent beaucoup de main-d'œuvre. En outre, la quantité d'eau que l'on peut ajouter sous forme de boues est assez limitée, car dès que l'humidité du mélange est trop grande, la circulation d'air dans les tas devient impossible et la fermentation se fait mal : d'aérobie, elle devient anaérobie et la qualité du terreau produit s'en ressent.

L'autre méthode (fig. 5) est l'emploi du Biostabilisator qui a été décrit ci-dessus. Comme le but n'est plus ici seulement le «broyage biologique» mais une fermentation poussée, on prolonge la durée de séjour de la matière dans l'appareil (37). Cette durée atteint alors 5-7 jours de manière à pousser la fermentation, à dégager le plus de chaleur et à évaporer le plus d'eau possible. Pratiquement, la quantité de boue digérée que l'on peut ajouter aux ordures est très voisine de celle qui est produite dans l'agglomération, à condition que cette boue ne contienne pas trop d'eau (80 % ou moins). Comme dit ci-dessus, on peut atteindre d'aussi faibles teneurs en eau en utilisant les procédés modernes de digestion et de lavage de boues. Le préséchage des boues au moyen de la chaleur de combustion des gros déchets des ordures serait aussi réalisable. De l'une ou l'autre manière on arrive à supprimer les massifs de séchage des boues avec tous leurs inconvénients. L'emploi des nouveaux procédés de séchage des boues, tamis vibrants ou autres, permettrait même d'éviter la digestion des boues et de faire fermenter les boues fraîches avec les ordures. Pour de petites installations où les quantités de gaz de digestion sont trop faibles pour qu'on puisse les utiliser de manière rémunératrice, on ferait ainsi une très sensible économie : le coût des digesteurs et de leurs accessoires atteint près du tiers de celui de l'ensemble de l'installation d'épuration des eaux.

La transformation des ordures en terreau par fermentation est une opération qui dure des semaines ou même des mois. Il peut donc paraître étonnant que dans le Biostabilisator cette durée soit réduite à moins d'une semaine. Et pourtant tel est bien le cas : des essais de l'Université de Californie (39) ont montré qu'en remuant les ordures et en les aérant, on arrivait à les faire fermenter en quelque 10 à 15 jours. Dans le Biostabilisator, la fermentation est très rapide, car elle se fait dans les conditions les plus favorables : le mélange est constamment agité, ce qui provoque un certain broyage, donnant de nouvelles surfaces d'attaque aux micro-organismes, et une bonne répartition de l'humidité et de l'air ; l'air est introduit tout au long de l'appareil au moyen d'un ventilateur, et il enlève ainsi l'excès d'humidité et le gaz carbonique produit par la fermentation ; la température est facile à régler de manière que dans la plus grande partie de l'appareil elle soit voisine de 40-50°, température à laquelle la fermentation se fait le plus rapidement, une dernière zone seulement étant à 70° pour la pasteurisation complète du terreau ; enfin la matière fraîche est dès son introduction mélangée intimement à la matière en cours de fermentation, ce qui l'inocule immédiatement et de manière massive. Des essais faits sous le contrôle du professeur Chodat à l'Institut de botanique de l'Université de Genève ont permis de constater toute l'importance des divers facteurs énumérés ci-dessus pour l'amélioration de la fermentation. Les constatations faites sur l'installation Dano, de Rüschlikon (Zurich) (43), où depuis environ un an fonctionne le premier Biostabilisator, montrent que le terreau au bout d'un séjour de 5-7 jours dans l'appareil est d'excellente qualité. Les analyses de la Société Ofinco faites selon la méthode allemande (2) ont en outre montré que ce terreau contient une proportion importante d'acides humiques.

On sait que la quantité d'humus contenue dans le sol a tendance à diminuer du fait des récoltes abondantes que l'on cherche à obtenir par l'utilisation judicieuse des engrais chimiques. Cette destruction de l'humus a déjà provoqué des conséquences désastreuses dans certains pays, aux Etats-Unis par exemple. Dans les pays européens de petite culture, on est encore loin de ce stade, mais dès maintenant, si l'on veut obtenir des sols tout ce qu'ils peuvent donner, il faut, à côté des engrais chimiques, leur donner l'humus nécessaire. Cet humus peut être produit économiquement soit à partir d'ordures seules, soit, et c'est préférable tant au point de vue qualité qu'au point de vue économie, à partir d'ordures et de boues d'égouts. Plusieurs villes suisses s'orientent déjà dans cette direction.

6. Economie des procédés

Dans la plupart des stations d'épuration, on cède gratuitement les boues aux agriculteurs et on n'utilise pas le gaz car il y en a trop peu pour que cela vaille la peine d'établir les conduites et appareils nécessaires.

Si pour une agglomération importante, on fait digérer les ordures avec les boues d'égouts, la quantité de gaz produite sera suffisante pour qu'on puisse envisager de le traiter de manière à le vendre à des conditions rémunératrices. On aura en outre une production non négligeable de terreau.

Si on fait du terreau en ajoutant les boues aux ordures dans un Biostabilisator, on aura un produit de qualité, lui aussi vendable à un prix rémunérateur même pour des agglomérations petites ou moyennes.

Pour de grandes agglomérations, la digestion commune est plus rémunératrice que la fermentation commune. Pour les autres agglomérations, la fabrication de terreau est la plus intéressante.

Il n'est pas possible de donner ici des indications plus précises, car les conditions sont éminemment variables d'un endroit à l'autre. On peut dire cependant que la vente du gaz et du terreau dans le premier cas, celle du terreau dans le deuxième cas, couvre les frais d'exploitation et une part des frais d'amortissement des installations. Dans l'un et l'autre cas, on restitue à la communauté, sous forme de combustible et sous forme d'un produit nécessaire à l'agriculture, des matières qui sans cela seraient perdues.

BIBLIOGRAPHIE

1. H. E. Babbitt : *Sewerage and sewage treatment*, 7e ed. New York, 1953. — 2. Bieneck : *Die Methoden zur Beurteilung von Stadtkompost, in die Aufbereitung und Verwertung städtischer Abfallstoffe*, p. 79-82. Stuttgart, 1950. — 3. N. S. Bubbis : *Sludge drying tests at Winnipeg*. S.I.W. 25. 1361-1362. 1953. — 4. G. S. Clements, R. J. Stephenson, C. J. Regan : *Dewatering of sewage sludge*. Chem. Age (London). 63. 708-710. 1950. — 5. G. S. Clements, R. J. Stephenson, C. J. Regan : *Sludge dewatering by freezing with added chemicals*. J. & proc. Inst. Sew. Purif. 1950. 318-337. — 6. G. S. Clements, R. J. Stephenson : *Further work on the sludge freezing process*. S.I.W. 26. 692. 1954. — 7. *Dano, Ingeniörforretning og Maskinfabrik*. (*Le procédé Dano pour la solution hygiénique du problème des ordures ménagères*.) Copenhague. — 8. W. R. Drury : *Disposal of garbage with sewage, design*. Lectures presented at Univ. of Michigan. School of Pub. Health, 1947. — 9. S. C. Evans, F. W. Roberts : *Heat treatment of sewage sludge*. J. & proc. Inst. Sew. Purif. 1946. 17-28. — 10. Fraschina : *Sludge elutriation at the Richmond-Sunset plant, San Francisco (Calif.)*. S.I.W. 22. 1413-1416. 1950. — 11. H. W. Gehm & V. C. Behn : *High rate anaerobic digestion of industrial wastes*. S.I.W. 22. 1034-1040. 1950. — 12. A. L. Genter : *Computing coagulant requirement in sludge conditioning*. Proc. A.S.C.E. 71. 307-330. 1945. — 13. E. Holinger : *Kombination von Abwasserreinigung mit Kehrichtbeseitigung*. Bull. mens. S.S.I.G.E. 35. 93-97. 1955. — 14. Hygiene Inst. E.T.H. : *Kehricht-Kataster 1937*. Zürich 1938. — 15. K. Imhoff : *Taschenbuch der Stadtentwässerung*. 15. Aufl. München, 1954. — 16. A. Joulot : *Les ordures ménagères*. Paris, 1946. — 17. E. G. Kominek : *Accelerated waste treatment methods*. Chem. Eng. Prog. 45. 417-420. 1949. — 18. J. F. Laboon : *Experimental studies in the concentration of raw sludge*. S.I.W. 24. 423-444. 1952. — 19. C. Lumb : *Heat treatment as an aid to dewatering : ten years full scale operation at Halifax*. J. & proc. Inst. Sew. Purif. 1951. 5-15. — 20. A. Marshall : *Descriptive notes on the Horsham Sewage Works*. J. & proc. Inst. Sew. Purif. 1941. 288-298. — 21. L. Metcalf & H. P. Eddy : *American Sewerage practice*, Vol. III, 3e ed. New York, 1935. — 22. P. F. Morgan : *Studies on accelerated digestion of sewage sludge*. S.I.W. 26. 462-478. 1954. — 23. P. F. Morgan : *Efficient utilization of digester capacity*. S.I.W. 26. 1340-1346. 1954. — 24. O.E.C.E. : *Collecte et évacuation des ordures ménagères, nettoiement des voies publiques*. Paris, 1953. — 25. O.E.C.E. : *Adductions d'eau, traitement des effluents urbains*. Paris, 1953. — 26. A. M. Rawn, A. P. Banta, R. Pomeroy : *Multiple stage sewage digestion*. Trans. A.S.C.E. 104, 93-132. 1939. — 27. H. Roediger : *Die anaerobe alkalische Schlammfaulung*. Doctorarbeit, Stuttgart, 1954. (Manuscrit.) — 28. W. E. Ross : *Dual disposal of garbage and sewage at Richmond (Indiana)*. S.I.W. 26. 140-148. 1954. — 29. W. E. Ross & Steeg : *Richmond, Indiana, solves its garbage-sewage problems*. Am. City 67. 132-4. 1952. — 30. H. Schmassmann : *Bericht No 1 der Studienkomission zur Beseitigung fester Abfallprodukte im Kanton Baselland*. Liestal, 1953. — 31. H. Straub : *Das Klär- und Kompostwerk der Stadt Baden-Baden*. G.W.F. 92, cahier 24. 1951. — 32. H. Straub : *Das Kompostwerk Baden-Baden*. G.W.F. 95. 382-386. 1954. — 33. H. Straub : *Die jahreszeitliche Verteilung des Hausmülls Städtehygiene No 2*. 1952. — 34. W. N. Torpey : *Concentration of combined primary and activated sludge in separate thickening tanks*. Proc. A.S.C.E. 1954 sep. 443. — 35. W. N. Torpey : *High rate digestion of concentrated primary and activated sludge*. S.I.W. 26. 479-496. 1954. — 36. W. N. Torpey & M. Lang : *Elutriation as a substitute for secondary digestion*. S.I.W. 24. 813-825. 1952. — 37. Turba G.m.b.H. : *Eine neue Kehrichtverwertungs-Anlage in Rüschlikon/Zürich*. Schw. Baublatt 83, 15 oct. 1954. — 38. Univ. of California : *An analysis of refuse collection and sanitary landfill disposal*. San. Eng. Res. Proj. Tech. Bull. 8. 1952. — 39. Univ. of California : *Reclamation of municipal refuse by composting*. San. Eng. Res. Proj. Tech. Bull. 9. 1953. — 40. G. Wyllie : *Disposal of garbage with sewage, operation*. Lecture presented at Univ. of Michigan, School of public Health. 1947. — 41. S. J. Zack : *Sludge dewatering and disposal*. S.I.W. 22. 975-996. 1950. — 42. *Symposium on the Concentration of sewage sludge*. Proc. A.S.C.E. 1944. sep. 70. — 43. A. L. Genter : *Brevet américain 2.259.688. 21 oct. 1941*. Sewage treatment process. — 44. A. L. Genter, C. C. Kennedy : *Brevet américain 2.528.649. 7 nov. 1950*. Sewage treatment process. — 45. A. L. Genter, C. C. Kennedy : *Demande de brevet américain. No 482.625, du 18.1.1955*. — 46. *Summary of the Conference on incineration, rubbish disposal and air pollution*. Air Pollution Foundation, Los Angeles 1955.

LA TURBINE-POMPE RÉVERSIBLE AXIO-CENTRIFUGE A PAS VARIABLE

Le développement d'une nouvelle machine hydraulique

par PAUL DÉRIAZ, ingénieur mécanicien E.P.F., ex-assistant du professeur Meissner, chef de bureau de construction de turbines hydrauliques à l'English Electric Company

L'ampleur toujours croissante des réseaux de distribution d'énergie électrique pose des exigences de plus en plus sévères pour maintenir un service ininterrompu. Plus un réseau est étendu, plus il est exposé à des dérangements, et donc d'autant plus essentielle devient la constitution de réserves de puissance.

Il est important que ces réserves, c'est-à-dire cette puissance de secours, soient disponibles en grandes quantités et à délais extrêmement courts. Cette condition peut se poser, par exemple, pour un branchement entre plusieurs réseaux, comme aussi pour faire face à l'imprévu, mais surtout et très généralement en vue de disposer d'énergie de pointe.

A ce titre, en présence d'une accumulation d'eau et de faibles facteurs de charge, la production d'énergie électrique par turbines hydrauliques offre des avan-