

40043-i

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

ADMINISTRATION

DU SERVICE DE SANTÉ ET DE L'HYGIÈNE

COMMISSION POUR L'ÉTUDE DES QUESTIONS TECHNIQUES  
RELATIVES A L'ÉPURATION DES EAUX USÉES, INDUSTRIELLES ET MÉNAGÈRES

# RAPPORT

SUR LES

PROCÉDÉS D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE SUCRERIES

PRÉSENTÉ PAR

M. URBAIN BERTHOLET

INGÉNIEUR

SECRÉTAIRE DE LA COMMISSION



A  
19958

BRUXELLES  
IMPRIMERIE F. VAN BUGGENHOUT  
5 ET 7, RUE DU MARTEAU, 5 ET 7

1913

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

ADMINISTRATION

DU SERVICE DE SANTÉ ET DE L'HYGIÈNE

1926:32

2. Экспл.

COMMISSION POUR L'ÉTUDE DES QUESTIONS TECHNIQUES  
RELATIVES A L'ÉPURATION DES EAUX USÉES, INDUSTRIELLES ET MÉNAGÈRES

№ 9

# RAPPORT

SUR LES

PROCÉDÉS D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE SUCRERIES

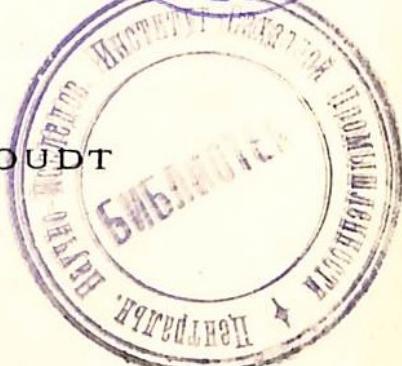
PRÉSENTÉ PAR



M. URBAIN BERTHOLET

INGÉNIEUR

SECRÉTAIRE DE LA COMMISSION



BRUXELLES  
IMPRIMERIE F. VAN BUGGENHOUT  
5 ET 7, RUE DU MARTEAU, 5 ET 7

1913

## AVANT-PROPOS.

La Commission instituée par le Gouvernement, pour l'étude des questions techniques relatives à l'épuration des eaux usées, industrielles et ménagères, a décidé de rechercher quels sont les procédés dont la mise en pratique est susceptible de provoquer une épuration suffisante des eaux résiduaires industrielles, tout en n'entraînant pas des dépenses hors de proportion avec le but à atteindre. Elle a résolu d'envisager successivement et isolément chaque branche de l'industrie et de porter tout d'abord son attention sur la *sucrerie*.

La présente étude, destinée à servir de base aux travaux ultérieurs de la Commission, donne une *vue d'ensemble* sur les procédés d'épuration des eaux résiduaires de sucreries, appliqués en Belgique. Elle renseigne également, dans la mesure du possible, les méthodes qui sont ou qui ont été employées à l'étranger.

Le premier chapitre est consacré à une description sommaire de la culture et de la composition de la betterave sucrière, ainsi qu'à un aperçu succinct de la fabrication du sucre, envisagée au point de vue particulier de la production des eaux résiduaires.

Le chapitre II traite plus spécialement de ces dernières, en considérant successivement leur volume, leur composition et leur nuisance.

Le chapitre III décrit, d'une manière purement objective, les méthodes d'épuration employées dans les sucreries belges. Les renseignements qu'il fournit proviennent en partie d'une enquête ouverte auprès des fabricants de sucre par MM. les Gouverneurs des provinces et en partie de documents recueillis lors de visites entreprises dans un certain nombre de sucreries du pays.

Pour faciliter la compréhension du texte, on y a joint un certain nombre de planches. Ces dessins ne doivent

pas être considérés comme la représentation graphique *rigoureusement exacte* des installations et des appareils auxquels ils se rapportent; ils constituent plutôt des schémas, mais présentent néanmoins une exactitude très suffisante pour le but poursuivi.

Le dernier chapitre est consacré à l'examen des procédés appliqués à l'étranger.

Enfin, l'étude est clôturée par un relevé des sucreries belges et par la bibliographie de la plupart des ouvrages consultés.

# TABLE DES MATIÈRES

---

## CHAPITRE PREMIER.

### *Fabrication du sucre de betterave.*

A. — La betterave . . . . .	1
B. — Aperçu du travail de la betterave . . . . .	3

## CHAPITRE II.

### *Volume, composition et nuisance des eaux résiduaires de sucreries.*

A. — Volume des eaux résiduaires . . . . .	8
B. — Composition des eaux résiduaires . . . . .	10
C. — Nuisance des eaux résiduaires . . . . .	13

## CHAPITRE III.

### *Méthodes d'épuration des eaux résiduaires des sucreries belges.*

A. — Procédé mécanique . . . . .	20
I. — Principe du procédé mécanique . . . . .	21
II. — Phases du procédé mécanique. . . . .	21
III. — Description d'une installation d'épuration mécanique . . . . .	27
1. Installation d'épuration mécanique des eaux résiduaires de la Sucrier de Solre-sur-Sambre . . . . .	27
2. Coût de l'épuration mécanique. . . . .	31
IV. — Examen critique du procédé mécanique . . . . .	32
B. — Procédés chimiques . . . . .	34
I. — Principe des procédés chimiques . . . . .	34
II. — Phases des procédés chimiques . . . . .	36
III. — Epuration à la chaux . . . . .	37
1. Principe du procédé . . . . .	37
2. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrier de Frasnes-lez-Buissenal . . . . .	38
3. Coût de l'épuration à la chaux. . . . .	39

IV. — Epuration au carbonate de chaux . . . . .	40
1. Principe du procédé . . . . .	40
2. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Raffinerie Tirlemontoise . . . . .	41
3. Coût de l'épuration au carbonate de chaux. . . . .	42
V. — Epuration par le procédé Liesenberg . . . . .	43
1. Principe du procédé . . . . .	43
2. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie Saint-Joseph, à Enghien . . . . .	44
3. Coût de l'épuration par le procédé Liesenberg . . . . .	48
VI. — Examen critique des procédés chimiques . . . . .	50
C. — Procédés biologiques . . . . .	51
I. — Principe des procédés biologiques . . . . .	52
II. — Epuration biologique naturelle, épandage, irrigation . . . . .	52
III. — Epuration biologique artificielle, épuration par lits bactériens . . . . .	54
1. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de l'Espérance, à Snaeskerke. . . . .	55
2. Coût de l'épuration biologique. . . . .	56
IV. — Examen critique des procédés biologiques. . . . .	57

#### CHAPITRE IV.

##### *Méthodes d'épuration des eaux résiduaires de sucreries, employées à l'étranger.*

###### ALLEMAGNE.

A. — Procédé mécanique . . . . .	60
B. — Procédés chimiques. . . . .	60
I. — Procédé Müller-Nahnse . . . . .	60
1. Installations de Schöppenstedt, de Wendessen, de Cochstedt, d'Irxleben et de Schackensleben. . . . .	63
II. — Procédé Oppermann . . . . .	63
1. Installations de Minsleben, d'Aderstedt et de Stössen . . . . .	64
III. — Procédé Rothe-Röckner . . . . .	64
1. Installation de Rossla. . . . .	65
IV. — Procédé à la chaux . . . . .	65
1. Installation de Wendessen . . . . .	65

C. — Procédés biologiques . . . . .	66
I. — Procédé Elsässer . . . . .	66
1. Installation de Roitzsch . . . . .	66
2. Installation de Querfurt . . . . .	67
3. Installation de Rautheim . . . . .	67
II. — Procédé de la Sucrerie d'Anklam . . . . .	69
1. Installation d'Anklam . . . . .	69
D. — Procédés chimico-biologiques . . . . .	71
I. — Procédé Proskowetz . . . . .	71
1. Installation de Stössen . . . . .	72
2. Installation de Brehna . . . . .	74
3. Installation d'Ochtmersleben . . . . .	75
II. — Procédé Riensch . . . . .	77
1. Installation de Stendal . . . . .	77
III. — Procédé Heinold . . . . .	78
1. Installation de Gross-Osterhausen . . . . .	78
2. Installation d'Helmsdorf . . . . .	78
E. — Réintroduction des eaux de vidange de la diffusion et des eaux des presses à cossettes, à la diffusion. — Procédés spéciaux d'extraction du jus . . . . .	81
I. — Procédé Beutnagel . . . . .	82
1. Installation de Nordgermersleben . . . . .	82
II. — Procédé Pfeiffer . . . . .	83
1. Installation de Schottwitz . . . . .	83
III. — Procédé Zscheye . . . . .	83
1. Installation de Biendorf . . . . .	85
IV. — Procédé de diffusion à pression continue Hyros-Rak . . . . .	85
V. — Procédé d'échaudage ou d'ébouillantage Steffen. . . . .	87

AUTRICHE-HONGRIE.

A. — Procédé mécanique . . . . .	87
B. — Procédés chimiques . . . . .	87
I. — Procédé à la chaux . . . . .	87
1. Installation de Brück-sur-Leitha . . . . .	87
II. — Procédé Hoyermann-Wellensiek. . . . .	89
1. Installation de Woinowitz (Allemagne). . . . .	90
2. Installation de Gestühof (Autriche-Hongrie) . . . . .	91

3. Installation de Dobrowitz (Autriche-Hongrie) . . . . .	92
4. Installation de Kopidlno (Autriche-Hongrie) . . . . .	93
5. Installation d'Eilenstedt (Allemagne) . . . . .	93
6. Installations de Pecek et de Dobrowitz (Autriche-Hongrie) . . . . .	94
7. Installation de Rethen (Allemagne) . . . . .	94
C. -- Procédé biologique. . . . .	95
1. Installation de Leopoldsdorf . . . . .	95
FRANCE.	
A. — Procédé mécanique. . . . .	99
B. — Procédé chimique . . . . .	99
I. — Procédé Gallet et Huet . . . . .	99
1. Installation de Flavy-le-Martel . . . . .	99
C. — Procédé biologique. . . . .	99
1. Installation de Pont-d'Ardres . . . . .	100
2. Installation de Marquillies . . . . .	100
ITALIE.	
A. — Procédés mécanique, chimiques et biologiques. — Essais de M. Ruata . . . . .	106
1. Installation de Bologne . . . . .	106
RUSSIE.	
ANNEXE.	
Relevé des sucreries belges . . . . .	114
BIBLIOGRAPHIE.	

## CHAPITRE PREMIER.

### Fabrication du sucre de betterave.

#### A. — LA BETTERAVE.

La betterave, matière première employée pour la fabrication du sucre dans nos contrées, est une plante bisannuelle : la première année, elle produit des feuilles et une racine; replantée l'année suivante elle donne une tige porte-graine. Les semaines se font au mois de mars ou d'avril; l'arrachage commence fin septembre pour se terminer en novembre.

Le *sucré*, élaboré dans l'appareil foliacé de la betterave, descend dans la souche dont la chair résulte de la juxtaposition de cellules extrêmement petites, soudées les unes aux autres par une substance intercellulaire composée surtout de pectose. Chaque cellule est formée d'une membrane extérieure résistante, en cellulose, et est tapissée intérieurement d'une matière azotée visqueuse nommée protoplasme; l'espace central renferme le jus sucré.

Au point de vue physique, la betterave se compose donc d'une partie liquide ou *jus* et d'un résidu solide appelé *marc* ou *pulpe*. Le *marc* desséché, constitué principalement de cellulose, forme environ 5 p. c. du poids de la racine; il reste donc 95 p. c. pour le *jus*. Celui-ci comprend de 78 à 84 p. c. d'eau, tenant en dissolution de 14 à 20 p. c. de sucre et 2 p. c. de substances minérales et organiques appelées non-sucre.

Ces chiffres sont évidemment variables; nous admettrons comme composition moyenne de la betterave :

- 15 p. c. de *sucré*;
- 2 p. c. de *non-sucre*;
- 78 p. c. d'*eau*;
- 5 p. c. de *marc* ou *pulpe*.



Le sucre de betterave ou saccharose répond à la formule chimique  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; il est très soluble dans l'eau et sa solubilité augmente avec la température. La saccharose peut se combiner en proportions variables avec la chaux pour former des sucrates ou saccharates, parmi lesquels nous noterons le saccharate monocalcique  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $CaO$  et le saccharate tricalcique  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $3 CaO$ .

Nous avons dit qu'à côté du sucre, le jus tient en solution du non-sucre. Ce non-sucre est constitué :

1° De sels d'acides minéraux et organiques;

2° De matières organiques azotées et non azotées.

Citons les sels des acides phosphorique, sulfurique, silicique, chlorhydrique, nitrique, oxalique, malique, citrique, succinique, ayant comme bases : la potasse, la soude, le manganèse, la chaux, l'ammoniaque et l'oxyde de fer.

Parmi les matières organiques azotées, on rencontre les matières albuminoïdes ou matières protéiques, l'asparagine, la glutamine et la bétaine.

Les matières albuminoïdes se trouvent dans le protoplasme tapissant l'intérieur des cellules ainsi qu'à l'état de solution dans le jus. Ce sont des matières visqueuses, coagulables sous l'action de la chaleur. L'asparagine et la glutamine sont des substances cristalloïdes, qui chauffées en présence d'acides ou d'alcalis, donnent naissance respectivement à de l'acide aspartique et de l'acide glutamique, tous deux colloïdes. Comme dernière substance organique azotée renfermée dans le non-sucre, nous citerons la bétaine ; elle est cristalline.

Les substances organiques non azotées comprennent les matières pectiques, le sucre inverti, la raffinose et les matières colorantes. Les matières pectiques ont pour origine la pectose. Celle-ci, sous l'action de la chaleur et des acides dilués, se transforme en pectine, laquelle, à son tour, sous l'action de la chaux, de la baryte ou des alcalis, donne de l'acide pectique.

## B. — APERÇU DU TRAVAIL DE LA BETTERAVE.

La fabrication du sucre de betterave consiste à produire, par voie de diffusion, un jus sucré, à le concentrer et à en extraire le sucre par voie de cristallisation. Elle comporte donc une suite d'opérations que nous allons décrire succinctement en nous plaçant, ainsi qu'il est dit dans l'avant-propos, au point de vue spécial des eaux résiduaires.

\* \* \*

Les betteraves effeuillées et décolletées sont conduites à la fabrique. Comme il est impossible de les traiter au fur et à mesure de leur réception, on les dispose, dans la cour de l'usine, dans des silos parallèles de 50 mètres à 200 mètres de longueur, creusés en terre et à parois convergentes. Au fond de chaque silo se trouve une nochère ou caniveau où coule de l'eau. Les caniveaux sont recouverts de planches ou de tôles sur lesquelles on déverse les racines. Lorsqu'un tas doit entrer en fabrication, on enlève successivement les planches : les betteraves descendent dans le caniveau et le courant d'eau les emporte vers l'usine. Le transport hydraulique est le premier poste de la fabrication fournissant des eaux résiduaires. On les appelle : *eaux du transporteur hydraulique*.

Suivant la nature et l'état du terrain où elles ont été récoltées, les racines amènent avec elles une quantité de terre, de feuilles, de débris végétaux et de pierres pouvant atteindre, dans les conditions les plus défavorables, de 70 à 80 p. c. du poids des racines brutes. Une partie de ces impuretés est enlevée de la masse des racines durant le transport hydraulique ; le surplus se détache lors du lavage méthodique des betteraves, qui s'effectue dans des laveurs horizontaux à bras. Les eaux sales sortant des laveurs, appelées *eaux de lavage*, sont également à ranger parmi les eaux résiduaires. Elles sont souvent réunies aux eaux de transport ; leur mélange constitue les *eaux boueuses*.

Des laveurs, les betteraves se rendent au coupe-racines, qui les transforme en cossettes, c'est-à-dire en lanières de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, de 5 à 6 millimètres de largeur et de 5 à 10 centimètres de longueur et les rend ainsi aptes à subir le travail de la diffusion.

Les cossettes sont reçues dans de grands vases verticaux appelés diffuseurs, où elles abandonnent le sucre qu'elles renferment à l'eau avec laquelle on les met en contact, par un phénomène de déplacement nommé diffusion et sur lequel nous allons nous arrêter quelques instants. Lorsqu'une cellule, semblable à celles qui constituent la chair de la betterave, se trouve placée dans de l'eau, il s'établit à travers sa paroi deux courants, l'un qui sort de la cellule et l'autre qui y entre. Le premier, appelé courant d'exosmose, emporte avec lui les matières cristalloïdes (sucre, sels minéraux et organiques, etc.) ainsi qu'une faible quantité de matières colloïdes (matières albuminoïdes et gommeuses); le second, appelé courant d'endosmose, introduit dans la cellule des molécules d'eau. Les choses se passent de la même façon dans une cossette, qui n'est qu'un agrégat de cellules saccharifères. Le phénomène de la diffusion, d'abord limité aux cellules périphériques, se propage de proche en proche à celles du centre.

La diffusion industrielle s'effectue dans une batterie de diffuseurs, comportant généralement de 12 à 16 éléments d'une capacité unitaire de 20 à 80 hectolitres. Deux diffuseurs consécutifs sont réunis par un tuyau partant du fond du premier pour aboutir à la tête du suivant. Dans ce tuyau est intercalé un calorisateur qui élève la température du liquide circulant dans la batterie et favorise la diffusion. En marche normale, l'eau arrive dans le premier diffuseur ou diffuseur de queue, renfermant des cossettes presque épuisées; de là, elle passe successivement dans les autres éléments de la batterie, contenant des cossettes de plus en plus riches en sucre et traverse finalement un diffuseur rempli de cossettes fraîches, puis quitte la batterie. Pendant cette circulation méthodique, l'eau se charge

de sucre et sort sous forme de jus sucré (jus de diffusion, jus vert ou jus brut).

Au bout d'un certain temps, les cossettes du diffuseur de queue sont complètement épuisées. On procède alors à la vidange : l'eau et les cossettes épuisées contenues dans le diffuseur tombent dans une fosse ménagée sous la batterie de diffusion. Les eaux résiduaires obtenues de cette façon s'appellent *eaux de vidange de la diffusion*.

Les cossettes, séparées des petites eaux de la diffusion par une grille ou une tôle perforée, sont distribuées aux presses à cossettes, qui leur enlèvent par pressage une partie de l'eau qu'elles renferment. Cette opération donne naissance aux *eaux des presses à cossettes ou à pulpe*, qui constituent avec les *eaux de vidange de la diffusion* le groupe des *eaux fermentescibles*.

Le jus de diffusion ou jus vert doit être épuré. On le débarrasse, par filtration mécanique, des matières qu'il tient en suspension et on élimine une partie de son non-sucre par une épuration chimique basée ordinairement sur l'emploi de chaux et d'acide carbonique, fabriqués à l'usine. L'acide carbonique est préalablement lavé : d'où nouvelle catégorie d'eaux résiduaires : les *eaux du laveur à gaz carbonique*.

Durant le traitement calco-carbonique, il s'est formé des écumes de carbonatation qui sont éliminées par passage du jus dans les filtres-presses. Ces écumes sont vendues ou données aux cultivateurs, qui les utilisent comme engrais ; on les mélange parfois aux eaux résiduaires.

Pour obtenir à l'état de cristaux le sucre renfermé dans le jus épuré, il faut d'abord évaporer celui-ci. Cette opération s'effectue dans un appareil à effet multiple (généralement triple ou quadruple effet). L'appareil à triple effet se compose de trois chaudières ou caisses verticales, reliées l'une à l'autre et divisées chacune en deux compartiments communiquant entre eux par l'intermédiaire d'un faisceau tubulaire vertical. Le jus remplit le compartiment inférieur, les tubes verticaux et une partie du compartiment

supérieur. L'évaporation est produite par de la vapeur introduite dans l'espace intertubulaire; pour la première caisse on emploie de la vapeur d'échappement de la machine motrice; les vapeurs s'échappant du jus de la première caisse vont chauffer la seconde; les vapeurs s'échappant du jus de la seconde vont chauffer la troisième, dont les vapeurs sont aspirées dans un condenseur barométrique. Le jus partiellement concentré dans la première caisse passe successivement dans les deux autres. Les vapeurs de chauffage, se condensant dans les espaces intertubulaires, donnent des eaux à température élevée, appelées *eaux ammoniacales* ou encore *eaux condensées dans les appareils d'évaporation* et réemployées en tout ou en partie aux chaudières; l'excédent éventuel de ces eaux est évacué comme eau résiduaire.

Au bout d'un certain temps de fonctionnement, les tubes de l'appareil d'évaporation se couvrent d'incrustations; il faut alors nettoyer l'appareil à la soude caustique et à l'acide chlorhydrique ou à l'acide chlorhydrique seul; les eaux résiduaires, provenant de cette opération, constituent les *eaux de nettoyage de l'appareil d'évaporation*.

Le sirop, sortant de l'appareil à triple effet, se rend ensuite dans la chaudière à cuire, chauffée par la vapeur, où s'achève sa concentration et où s'amorce la cristallisation. Les cristaux de sucre sont séparés par turbinage, du sirop dans lequel ils baignent.

Les vapeurs provenant de la troisième caisse du triple effet et de la chaudière à cuire se composent d'un mélange de vapeur d'eau et de gaz incondensables. Elles sont aspirées dans un condenseur barométrique par une pompe à air qui les force à traverser une pluie d'eau, provoquant la condensation de la vapeur d'eau et laissant passer les gaz incondensables. Les actions simultanées de la condensation et de la pompe à air produisent dans le triple effet et dans la chaudière à cuire un certain vide, favorisant fortement le travail de l'évaporation. Les eaux résiduaires, s'écoulant de la colonne du condenseur, sont appé-

lées eaux de condensation ou eaux du condenseur barométrique.

\* \* \*

En résumé, nous voyons que la fabrication industrielle du sucre donne naissance aux eaux résiduaires suivantes :

- 1<sup>o</sup> Eaux boueuses : eaux de transport et de lavage des betteraves;
- 2<sup>o</sup> Eaux fermentescibles : eaux de vidange de la diffusion et eaux des presses à cossettes;
- 3<sup>o</sup> Eaux de lavage de l'acide carbonique;
- 4<sup>o</sup> Eaux condensées dans les appareils;
- 5<sup>o</sup> Eaux du condenseur barométrique;
- 6<sup>o</sup> Eaux de nettoyage des appareils.

## CHAPITRE II

### Volume, composition et nuisance des eaux résiduaires de sucreries.

#### A. — VOLUME DES EAUX RÉSIDUAIRES.

La fabrication du sucre de betterave est une industrie exigeant une grande quantité d'eau. Le transport et le lavage des betteraves, la diffusion, la condensation, l'alimentation des chaudières en consomment le plus, indépendamment d'autres postes, moins importants à ce point de vue.

L'eau nécessaire à la fabrication provient de puits ou est empruntée aux eaux courantes, suivant le degré de pureté requis et suivant la situation de l'établissement.

Le plus simple, à première vue, serait d'alimenter tous les postes par de l'eau fraîche et de la rejeter, après emploi, à la rivière. Mais outre l'inconvénient qui en résultera au point de vue économique, peu de sucreries auraient à leur disposition un volume d'eau aussi considérable. En effet, beaucoup d'anciennes fabriques, situées dans des régions où les ressources aquifères sont limitées, sont en proie aux plus grandes difficultés depuis l'introduction dans la technique sucrière du procédé d'extraction du jus par diffusion, procédé nécessitant plus d'eau que les anciennes méthodes d'extraction par râpage et pressage, par turbinage, etc.

Les cas de réemploi d'eau sont donc très fréquents en sucrerie et font varier dans de larges limites, même pour des fabriques d'égale importance, d'une part la quantité totale d'eau employée, d'autre part le volume d'eaux résiduaires rejeté.

Des calculs, dans le détail desquels nous n'entrerons pas, permettent de déterminer le *volume d'eau nécessité par les*

*différents services d'une sucrerie.* Une usine d'importance moyenne, traitant environ 500,000 kilogrammes de betteraves par jour, emploiera approximativement :

1° Pour le transport et le lavage . . . . .	4,500 m <sup>3</sup>
2° Pour la diffusion . . . . .	1,200 m <sup>3</sup>
3° Pour le condenseur barométrique . . . . .	4,500 m <sup>3</sup>
4° Pour le lavage de l'acide carbonique . . .	100 m <sup>3</sup>
5° Pour le lavage des tourteaux et des toiles.	100 m <sup>3</sup>
6° Pour la fabrication du lait de chaux . . .	50 m <sup>3</sup>
7° Pour l'alimentation des générateurs . . .	400 m <sup>3</sup>

Soit un total d'environ 11,000 mètres cubes par jour, pour le cas où tous les postes seraient alimentés par de l'eau fraîche. Or, en pratique, ceci n'a jamais lieu ; l'eau sortant de la cuvette du condenseur est souvent renvoyée en tête des caniveaux hydrauliques, pour servir au transport des racines, puis quitte définitivement l'usine. Quant à l'alimentation des chaudières elle se fait très avantageusement au moyen d'eaux chaudes, condensées dans les appareils d'évaporation, de cuite, dans les réchauffeurs, etc. Il est rare qu'une usine bien conduite ait besoin d'eau fraîche pour ses générateurs ; souvent même il y aura un excédent d'eau condensée, dont on emploiera une partie à différents services (lavage des tourteaux et des toiles des filtres-presses, fabrication du lait de chaux, etc.); le surplus sera évacué. Dans ces conditions, la consommation quotidienne d'eau se réduit à  $4,500 + 1,200 + 100 = 5,800$  mètres cubes, après une première dépense d'environ 11,000 mètres cubes. En cas de grande pénurie d'eau, les eaux du transporteur hydraulique et celles du condenseur barométrique décrivent toutes deux un cycle fermé, c'est-à-dire sont constamment réemployées : d'où, une consommation quotidienne de  $1,200 + 100 = 1,300$  mètres cubes seulement, pour un travail de 500,000 kilogrammes de betteraves.

La quantité d'eaux résiduaires à évacuer sera, dans le

cas de réemploi de l'eau du condenseur barométrique au transport :

1 <sup>o</sup> Eaux de transport et de lavage. . . . .	4,500 m <sup>3</sup>
2 <sup>o</sup> Eaux de vidange de la diffusion. . . . .	700 m <sup>3</sup>
3 <sup>o</sup> Eaux des presses à cossettes. . . . .	200 m <sup>3</sup>
4 <sup>o</sup> Eaux de lavage de l'acide carbonique. . . . .	100 m <sup>3</sup>
Total. . . . .	<u>5,500 m<sup>3</sup></u>

En y ajoutant 500 mètres cubes pour l'excès éventuel d'eau du condenseur barométrique et d'eau condensée dans les appareils et pour le trop-plein des bacs à eau froide (bacs dans lesquels est refoulée l'eau fraîche et munis de trop-pleins assurant l'évacuation de l'excédent non employé dans le travail), on obtient un volume d'eaux résiduaires de 6,000 mètres cubes par jour. Si les eaux du transporteur hydraulique et celles du condenseur barométrique décrivent un cycle fermé, ce volume se réduit à  $700 + 200 + 100 + 500 = 1,500$  mètres cubes.

Il résulte de ce qui précède, que le volume d'eaux résiduaires à évacuer, rapporté à un certain poids de betteraves mises en œuvre, ne peut pas s'exprimer par un nombre fixe et invariable, applicable dans tous les cas. Tout au plus peut-on assigner deux limites approximatives, entre lesquelles oscille la quantité d'eau évacuée. Nous basant sur les chiffres donnés plus haut, nous dirons que, *par tonne de betteraves, on rejette de 3 à 20 mètres cubes d'eaux résiduaires, suivant les cas de réemploi.*

#### B. — COMPOSITION DES EAUX RÉSIDUAIRES.

Dans l'exposé sommaire de la fabrication du sucre de betterave, nous avons divisé les eaux résiduaires en deux grandes classes : les *eaux boueuses* et les *eaux fermentescibles*.

Les *eaux boueuses* proviennent du *transport hydraulique* et du *lavage des betteraves*. Elles sont chargées de matières minérales et organiques en suspension (terres, radicelles,

débris de betteraves et de feuilles) et renferment, en solution, une quantité de sucre très minime. Elles contiendront d'autant plus de matières en suspension que le pourcentage de terre adhérente aux racines est élevé. Quant à la teneur en sucre, provenant du phénomène de la diffusion à travers le tissu des betteraves décolletées, blessées ou gelées, elle dépend de l'état des racines, de la température de l'eau de transport et de lavage et de la durée de ces deux opérations; dans les conditions ordinaires, elle est négligeable. Une eau boueuse renfermera par mètre cube, en moyenne, de 1 à 2 kilogrammes de radicelles et 0.1 kilogramme de sucre. La teneur en terre est des plus variables.

Les eaux du premier groupe sont donc chargées presque uniquement de matières en suspension. Au contraire, celles du groupe des *eaux fermentescibles* renferment à la fois des matières en suspension et des matières en solution. A ce groupe appartiennent les *eaux de vidange de la diffusion* et les *eaux des presses à cossettes ou à pulpe*.

Les *eaux de vidange de la diffusion* sont légèrement troubles; elles renferment en solution de 0.5 à 3 grammes de sucre par litre, des traces de matières organiques autres que le sucre et des matières minérales; elles tiennent en suspension de rares débris de cossettes; la proportion de ces différentes substances varie suivant la marche de la batterie de diffusion, la composition des betteraves travaillées, la nature de l'eau employée pendant le soutirage, etc.

Les *eaux des presses à cossettes* ont une coloration blanchâtre. Elles sont chargées de matières organiques en suspension et en solution : débris de cossettes et pulpe folle (cellulose), sucre, albumine, matières pectiques, et renferment également des matières minérales en solution. La quantité de pulpe entraînée avec les eaux sortant des presses oscille entre 2 et 6 grammes par litre, suivant la nature des presses employées, le degré de pressage, la température de la diffusion, la qualité des cossettes, etc. Quant à la quantité de sucre, elle oscille entre 2 et 5 grammes par litre, suivant le degré d'épuisement des pulpes.

En dehors des caux boueuses et des eaux fermentescibles, nous devons encore considérer comme eaux résiduaires : les eaux provenant du *laveur à gaz*, l'excès des *eaux du condenseur barométrique* et des *eaux condensées dans les appareils* et les *eaux de lavage de ces derniers*.

Les *eaux du laveur à gaz* renferment de l'acide carbonique et ont une réaction acide.

Les *eaux du condenseur barométrique* renferment de l'ammoniaque, parfois en proportion assez forte, provenant de l'action des alcalis sur les amides (matières organiques azotées) du jus.

Les *eaux condensées dans les appareils* ont une composition en rapport avec celle des vapeurs leur donnant naissance : c'est ainsi que l'eau condensée dans la première caisse de l'appareil d'évaporation est très pure, puisqu'elle provient de vapeur de retour des machines ou d'un mélange de vapeur de retour et de vapeur directe. Quant à celle des autres caisses, elle résulte de la condensation des vapeurs de jus : elle est ammoniaque, par suite d'un phénomène de décomposition identique à celui indiqué pour les eaux du condenseur barométrique. Outre de l'ammoniaque, les eaux du condenseur barométrique et les eaux condensées dans les appareils renferment parfois, en quantité plus ou moins importante, du sucre provenant d'un entraînement de jus pendant une évaporation mal conduite, ou d'un manque d'étanchéité des appareils.

Enfin, le *lavage des appareils*, qui se fait au moyen de soude et d'acide chlorhydrique ou d'acide chlorhydrique seul donne naissance à des eaux plus ou moins acides, parfois même neutres ou alcalines, suivant la nature et la quantité des produits employés.

\*  
\* \*

Remarquons que la teneur des eaux de rejet varie constamment, au cours de la fabrication, suivant les circon-

stances du travail : les chiffres indiqués ci-dessus n'ont donc rien d'absolu.

Les cas de réemploi surtout font varier la nature des eaux à évacuer. Nous avons fait précédemment une distinction bien nette entre les eaux boueuses et les eaux fermentescibles. Or, dans les régions pauvres en eau, on est forcément de réemployer les eaux du transporteur hydraulique après décantation ; elles se chargent donc, de plus en plus, des produits de décomposition des matières végétales renfermées dans les boues des bassins décanteurs et de sucre enlevé aux racines, par diffusion, durant le transport. Les eaux du transporteur hydraulique ne tardent pas à devenir le siège de fermentations lactique et butyrique, qui leur communiquent une réaction acide. D'autres fois, les eaux de vidange de la diffusion et les eaux des presses à cossettes se réunissent aux eaux ayant servi au transport : le mélange, aspiré par une pompe centrifuge, est refoulé dans un bac décanteur, situé dans l'usine, où les grosses particules se déposent ; l'eau décantée sommairement est renvoyée en tête des caniveaux transporteurs ; l'excédent est évacué. Dans les deux cas, choisis entre bien d'autres, on rejette donc des eaux à la fois boueuses et fermentescibles ; c'est ainsi que les choses se passent le plus souvent.

#### C. — NUISANCE DES EAUX RÉSIDUAIRES.

Il reste, pour terminer ce chapitre, à aborder la question de la nuisance des eaux résiduaires de sucreries.

Mais avant d'envisager spécialement les eaux provenant de cette industrie, il nous paraît utile d'émettre quelques considérations sur les eaux résiduaires en général et la nécessité de leur épuration.



Suivant leur provenance, on peut classer les *eaux résiduaires* en deux grandes catégories : les *eaux d'égout des villes* et les *eaux résiduaires industrielles*. Les premières

se composent, en général, des eaux ménagères, des matières de vidange et des eaux de pluie et d'arrosage, et sont recueillies dans le réseau d'égouts. Les eaux résiduaires industrielles sont rejetées dans les cours d'eau ou dans les canalisations d'égouts par les établissements industriels les plus divers, après avoir servi à certains usages qui leur ont communiqué un degré de souillure plus ou moins élevé.

Quelle que soit l'origine d'une eau usée : urbaine ou industrielle, les impuretés qu'elle peut renfermer se ramènent à quatre types généraux ; ce sont :

- 1<sup>o</sup> *Des matières minérales en suspension;*
- 2<sup>o</sup> *Des matières minérales en solution;*
- 3<sup>o</sup> *Des matières organiques en suspension;*
- 4<sup>o</sup> *Des matières organiques en solution.*

Nous allons examiner de près l'action nuisible de ces différentes sortes d'impuretés ; nous pourrons ainsi apprécier les multiples dangers que présente le déversement d'eaux résiduaires brutes dans les cours d'eau ; par le fait même, nous aurons démontré la nécessité de leur épuration préalable, c'est-à-dire de l'élimination ou de la transformation en produits inoffensifs, des substances qui la polluent.

Tout d'abord, occupons-nous des *matières minérales en suspension*. Elles se composent, en majeure partie, de particules terreuses, pierres, graviers, scories, charbon, composés chimiques insolubles, etc., qui peuvent s'accumuler dans le lit ou sur les bords des cours d'eau, en modifier le régime et causer même des obstacles à la navigation. Cette sédimentation peut envaser et détruire le frai de poisson fécondé. Certaines industries exigent d'ailleurs une eau aussi limpide que possible ; pour ne citer qu'un exemple, les eaux renfermant des particules de charbon ou de graphite ne peuvent convenir pour le blanchiment ou pour la fabrication du papier blanc.

Tout aussi nuisibles sont les *matières minérales en solution*. Dans l'intérêt de la faune aquatique il est à désirer que

les cours d'eau n'en renferment que des quantités minimes, surtout lorsqu'il s'agit d'acides minéraux libres, d'alcalis caustiques, de sels toxiques d'arsenic, de plomb et de mercure, de sels solubles des métaux lourds et de gaz toxiques dissous (chlore, acide sulfhydrique, anhydride sulfureux, etc.). Le degré de nocivité de ces substances est des plus variables. C'est ainsi, par exemple, que le poisson peut parfaitement prospérer dans une eau renfermant des quantités relativement élevées de certains chlorures, alors que des doses très minimes d'hydrate calcique le tuent rapidement.

L'hygiène et l'agriculture exigent également que l'eau soit exempte de certains produits minéraux solubles, de façon qu'elle puisse servir aux besoins de l'homme et des animaux ou être répandue sans danger sur les terres livrées à la culture.

L'industrie elle même doit pouvoir disposer d'une eau n'ayant qu'une faible teneur en matières minérales dissoutes, afin d'éviter une épuration préalable, souvent très onéreuse.

Outre des substances minérales, les eaux résiduaires peuvent renfermer des matières organiques qui sont particulièrement redoutables par suite de leur aptitude plus ou moins marquée à la décomposition. Les nuisances provenant de la sédimentation des *matières organiques en suspension* sont accrues par le fait que les bancs ainsi formés subissent, surtout en été, des phénomènes de fermentation et de putréfaction accompagnés de dégagements de gaz mal odorants, incommodant les riverains.

Les *matières organiques en solution* subissent également cette désintégration moléculaire. Indépendamment des odeurs pestilentielles répandues, l'introduction de matières organiques dans l'eau cause de nombreux dommages au point de vue de l'hygiène comme au point de vue de la pêche. En effet, les eaux d'égout et les eaux résiduaires de papeteries et de tanneries, pour ne citer que celles-là, amènent avec elles des germes pathogènes, qui trouvent

dans les substances organiques d'excellents milieux nutritifs et par suite se développent rapidement. De graves épidémies peuvent se déclarer si l'eau de la rivière est utilisée pour l'alimentation et les usages domestiques ou si les puits sont contaminés par suite d'infiltrations. D'ailleurs, la décomposition de la matière organique sous l'action des micro-organismes désoxygénise l'eau et la sature de gaz divers, circonstances compromettant la vie de la faune aquatique.

\* \* \*

Nous croyons avoir suffisamment montré dans les lignes qui précèdent, les graves inconvénients qu'entraîne, aux multiples points de vue de l'hydraulique fluviale, de la pêche, de l'hygiène, de l'agriculture et de l'industrie, la souillure des eaux courantes par des résidus de l'activité humaine et industrielle; mais il ne suffit pas d'indiquer l'étendue du mal, il faut aussi en rechercher le remède.

Dans une certaine mesure, la nature elle-même se charge de rendre aux fleuves et aux rivières leur état normal naturel, par un phénomène connu sous le nom d'*autoépuration* et qui, vu son importance, est digne de retenir quelques instants notre attention. Il est démontré depuis longtemps qu'une eau courante, polluée en un point de son trajet, peut être, après un parcours plus ou moins long, sensiblement améliorée au double point de vue de son aspect et de sa composition chimique. Ce processus d'assainissement naturel est dû à des causes d'ordre mécanique, chimique et biologique.

Comme facteurs purement mécaniques de l'autoépuration, il faut citer la sédimentation, c'est-à-dire le dépôt dans le lit ou sur les berges du cours d'eau des particules non dissoutes et ensuite le curage du lit en temps de crue; mais il n'y a à proprement parler autoépuration que si, d'une part, les dépôts formés ne renferment pas de substances putrescibles et si, d'autre part, les boues chargées par les hautes eaux ne se déposent plus avant leur

arrivée dans la mer, faute de quoi il n'y aurait qu'une autoépuration locale.

L'autoépuration chimique consiste dans la réaction des éléments solubles des eaux, avec formation de composés inoffensifs ou précipitables. Les acides libres seront neutralisés par le bicarbonate de calcium renfermé dans les eaux courantes ; la chaux subira l'action de l'acide carbonique, pour former du carbonate calcique insoluble, lequel pourra se transformer en bicarbonate calcique soluble, etc. Cependant, l'autoépuration reste impuissante contre une série de produits chimiques, les matières colorantes par exemple.

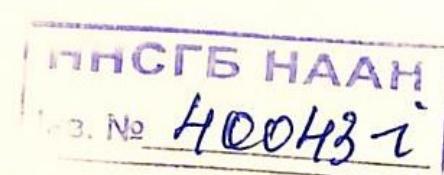
Enfin, les eaux courantes sont le domaine d'une multitude de plantes et d'animaux qui contribuent, pour une part remarquable, à l'autoépuration, par des phénomènes biologiques des plus complexes. Nous ne pouvons songer à passer en revue les nombreux représentants de la flore et de la faune aquatiques qui coopèrent, par leur activité vitale, à l'œuvre de l'autoépuration ni à examiner en détail le rôle dévolu à chacun d'eux.

\* \* \*

Nous voici donc complètement édifiés sur l'importance considérable de l'autoépuration pour le maintien de nos cours d'eau dans leur état normal naturel. Nous sommes en droit d'attendre beaucoup d'elle, mais nous ne devons pas perdre de vue qu'elle n'a qu'un pouvoir limité et qu'en tout cas son degré d'efficacité dépend de multiples facteurs tels que nature et quantité des impuretés introduites, régime, composition et température de l'eau courante, etc.

Confiant dans l'action autoépuratrice de la nature, l'homme a considéré de tout temps les cours d'eau comme le moyen d'évacuation le plus commode des déchets de sa vie et de son activité industrielle.

Mais l'accroissement de la population et l'essor toujours grandissant de l'industrie ont amené les eaux courantes à un degré de pollution tel, que l'autoépuration s'est



montrée impuissante; c'est alors que l'on s'est vu dans la nécessité de venir en aide à la nature en s'efforçant de n'envoyer à la rivière que des effluents suffisamment épurés, c'est-à-dire dépourvus, dans une certaine mesure, de leur caractère nocif. De là, les nombreux procédés d'épuration des eaux résiduaires qui ont vu le jour.

\* \* \*

Occupons-nous maintenant plus spécialement des *eaux résiduaires rejetées par les sucreries*.

Si l'on considère leur volume énorme et la nature des impuretés qu'elles charrient, on peut dire que les eaux résiduaires des sucreries sont véritablement la plaie de cette grande industrie agricole.

Chaque année leur déversement dans les eaux courantes donne lieu à des plaintes incessantes et énergiques : les dossiers des administrations publiques en font foi. Hécatombes de poissons, impossibilité d'employer les eaux courantes pour les usages domestiques et industriels et pour l'alimentation des animaux, odeurs pestilentielles répandues : tels sont les principaux griefs formulés par les habitants riverains des cours d'eau servant de réceptacles à ces eaux-vannes. Il est à remarquer qu'à l'inverse des eaux d'égout par exemple, elles ne renferment aucun microbe pathogène. Mais, ce qui les rend redoutables, c'est leur teneur en matières organiques azotées (matières albuminoides) et en matières organiques non azotées (hydrates de carbone : sucre, cellulose, matières pectiques), décomposables, les premières par putréfaction et les secondes par fermentation. Cette désintégration de la matière organique s'accompagne de la mise en liberté de produits divers (acide sulfhydrique, ammoniaque, acide carbonique, acides lactique, butyrique et acétique) infectant l'atmosphère et contaminant les eaux sur de grandes distances. Il se produit également une désoxygénéation de l'eau, provoquant la mort de la faune aquatique par asphyxie.

Enfin, les eaux où se passent ces phénomènes de décompo-

sition, constituent un milieu des plus favorables à l'accroissement rapide de certaines végétations cryptogamiques dont la putréfaction donne naissance à de grandes quantités d'acide sulfhydrique (*Sphaerotilus natans*, *Leptomitus lacteus*, *Beggiatoa*). Le *Sphaerotilus natans* et le *Leptomitus lacteus* se présentent sous la forme de masses floconneuses blanchâtres ou jaunâtres se fixant sur des êtres vivants ou des corps inanimés et pouvant tapisser complètement le lit des rivières et des ruisseaux d'une couche gluante. Des flocons transportés au fil de l'eau se déposent sur les filets des pêcheurs, les roues des moulins employant l'eau comme force motrice et les crépines des prises d'eau des établissements industriels.

Les eaux de rejet des sucreries renferment également des matières minérales *en solution et en suspension*.

Parmi les matières minérales en solution, il faut mentionner tout particulièrement l'acide chlorhydrique libre contenu dans les eaux ayant servi au lavage des appareils et qui est cause de nombreuses hécatombes de poissons. Tout aussi redoutable est la chaux introduite dans les eaux par certains procédés d'épuration.

Enfin, les matières en suspension peuvent envaser les cours d'eau et nécessiter des curages dispendieux, faute de quoi nos voies hydrauliques deviendraient bientôt impraticables à la navigation et provoqueraient des inondations.

Tels sont les méfaits occasionnés par les résidus de l'industrie sucrière; il va de soi que ces inconvénients seront plus ou moins marqués, suivant le régime du cours d'eau récepteur, la plus ou moins grande pureté des eaux courantes à l'amont du point de déversement, et le degré d'efficacité du système d'épuration auquel les eaux résiduaires ont été soumises avant leur décharge.

---

## CHAPITRE III

### Méthodes d'épuration des eaux résiduaires des sucreries belges.

Nous donnons, en annexe, une statistique des sucreries de notre pays, renseignant, entre autres, la méthode adoptée par chaque établissement pour l'épuration de ses eaux résiduaires ainsi que le cours d'eau dans lequel ces dernières sont déversées.

Il en résulte que les procédés qui se partagent la faveur des industriels belges peuvent se classer en :

- 1<sup>o</sup> Procédé mécanique;
- 2<sup>o</sup> Procédés chimiques;
- 3<sup>o</sup> Procédés biologiques.

Remarquons que, la plupart du temps, on a plutôt affaire à des *procédés mixtes*, provenant de la combinaison de deux ou plusieurs des précédents.

#### A. — PROCÉDÉ MÉCANIQUE.

Nous avons vu que les matières organiques et inorganiques qui souillent les eaux rejetées par les sucreries s'y trouvent soit en suspension, soit en solution.

Le procédé mécanique ne vise qu'à enlever les matières en suspension; il est impuissant en face des matières dissoutes et ne produit donc qu'une épuration toute relative.

Rappelons que les matières en suspension qu'il s'agit d'éliminer se composent de brisures de racines, de radicelles, de feuilles et de terres, renfermées dans les eaux boueuses (eaux du transport hydraulique et eaux de lavage) et de débris de cossettes contenus dans les eaux fermentescibles (eaux de diffusion et de presses).

## I. — Principe du procédé mécanique.

Dans le procédé mécanique on se sert de moyens purement physiques : on emploie la filtration et on met à profit l'action de la pesanteur.

## II. — Phases du procédé mécanique.

L'épuration mécanique des eaux résiduaires de sucreries s'effectue en deux phases :

- 1<sup>o</sup> *Un dégrossissage et un épulpage;*
- 2<sup>o</sup> *Une décantation.*

### DÉGROSSISSEMENT.

*But et principe.* — Le dégrossissage a pour but d'éliminer des eaux boueuses, les grosses matières en suspension. Pour cela on place sur le trajet suivi par ces eaux une surface filtrante assez grossière, constituée d'une tôle perforée ou d'une grille et retenant la majeure partie des brisures de betteraves, des radicelles et des feuilles, mais livrant passage aux eaux et aux particules boueuses.

*Exemple.* — Le dégrossissage s'effectue, dans la plupart des fabriques belges, au moyen d'appareils spéciaux nommés *récupérateurs* ou *récolteurs de radicelles* ou encore : *ramasse-queues*. La planche I représente le dispositif généralement employé. Le mélange des eaux boueuses amené par le caniveau A, débouche sur la paroi filtrante F disposée en partie horizontalement et en partie suivant un plan incliné. Les eaux passant à travers la paroi sont évacuées par un caniveau B opposé à A. Deux chaînes sans fin C (non représentées sur la coupe AB), guidées par des pignons P (représentés sur la figure par de simples circonférences) et se déplaçant dans le sens indiqué par les flèches, portent une série de racloirs R qui nettoient constamment et automatiquement la paroi filtrante, font cheminer les dépôts le long du plan incliné et les déversent sur le sol ou dans une nochère. La commande de la chaîne se

fait par poulies folle et fixe avec réduction de vitesse au moyen d'une paire d'engrenages. Cet appareil permet de recueillir jusqu'à 25 kilogrammes de débris organiques par tonne de betteraves. Comme paroi filtrante, on utilise ordinairement une grille formée de barreaux parallèles, à section rectangulaire ou trapézoïdale, laissant entre eux un intervalle de quelques millimètres. La grille est consolidée par des fers ronds de 1 centimètre de diamètre placés transversalement aux barreaux, tous les 10 centimètres environ. Certains constructeurs remplacent la grille par une tôle à perforations oblongues de 5 centimètres de longueur et 0.5 centimètre de largeur, disposées en quinconce.

\* \* \*

Nous avons supposé ci-dessus que le dégrossissage était appliqué uniquement aux eaux boueuses; en pratique, les choses se passent parfois autrement: dans certaines sucreries, les eaux fermentescibles sont mélangées, en tout ou en partie, aux eaux boueuses et débouchent avec celles-ci sur le récupérateur de radicelles; il ne faut pas perdre de vue que cette filtration grossière est inefficace en ce qui concerne les eaux fermentescibles: la plus grande partie des débris de cossettes y renfermés passent à travers la surface filtrante.

Aux *Sucreries-Raffineries M. et W. Le Docte*, à *Gemboux*, ou refoule dans un bac décanteur situé au premier étage de l'usine, les eaux du transporteur hydraulique et les eaux de vidange de la diffusion, ces dernières débarrassées préalablement des débris de cossettes qu'elles renferment; le ramasse-queues à racloirs reçoit les purges boueuses et le trop-plein du bac ainsi que les vidanges des laveurs et les eaux des presses à cossettes.

A la *Sucrerie Delchevalerie et Cie*, à *Sombreffe*, les eaux fermentescibles passent, après avoir servi avec les eaux du laveur à gaz et un certain volume d'eau propre au lavage des betteraves, à travers un bac en tôle à perforations de

4 centimètres de longueur et 0.5 centimètre de largeur, disposées en quinconce.

### ÉPULPAGE.

*But et principe.* — De même que les eaux boueuses, les eaux provenant de la vidange et du rinçage des diffuseurs, ainsi que du pressage des cossettes épuisées, tiennent en suspension des matières organiques (débris de cossettes). On les élimine par un épulpage, opération basée sur le même principe que le dégrossissage, mais qui, eu égard au degré de finesse des matières à retenir, nécessite une tôle à perforations très petites ou un tamis à mailles serrées.

*Exemple.* — A l'usine n° I de la *Raffinerie Tirlemon-toise* fonctionne un épulpeur Eberhardt. Cet appareil se compose de deux cylindres verticaux concentriques; l'intérieur est un tamis en tôle à perforations fines (environ 1 millimètre de diamètre), l'extérieur est en tôle pleine. L'eau à épulper passe de l'intérieur à l'extérieur du cylindre perforé et sort par une ouverture ménagée dans le cylindre plein. Des racloirs, portés par un arbre disposé suivant l'axe des cylindres et animé d'un mouvement de rotation, enlèvent les dépôts qui adhèrent au tamis et les font tomber dans une presse horizontale.

### DÉCANTATION.

*But et principe.* — Les eaux résiduaires, après dégrossissement et épulpage, renferment encore en suspension la totalité des terres enlevées aux racines ainsi que des débris organiques ayant passé à travers le ramasse-queues et l'épulpeur. La décantation, seconde et dernière phase du traitement mécanique, a pour but de les en débarrasser; dans cette opération, on met à profit l'action qu'exerce la pesanteur sur les particules non dissoutes. Les eaux sont amenées dans des bassins qu'elles traversent avec une vitesse réduite; les impuretés se déposent au fond de ceux-ci, d'autant plus rapidement qu'elles ont une

densité plus élevée et la vitesse de l'eau est plus faible. La masse liquide se clarifie au fur et à mesure de sa progression vers la sortie de l'installation de décantation et est ensuite évacuée vers le cours d'eau.

*Exemple.* — A titre d'exemple, nous donnons, planche II, le plan et la coupe transversale d'un des bassins décanateurs de la *Sucrerie de Niel-Gingelom*. Le bassin, de forme sensiblement rectangulaire, occupe une superficie d'environ 2,500 mètres carrés. Il est en partie creusé dans le sol et est limité sur son pourtour par un talus de terre T. Des digues transversales D divisent ce bassin en quatre compartiments C, qui communiquent entre eux par un passage O placé alternativement à droite et à gauche. L'eau, refoulée par une tuyauterie en fonte F dans un coin du bassin, traverse successivement et en diagonale les quatre compartiments, en laissant déposer peu à peu les matières qu'elle charrie. Le liquide clarifié est repris dans le dernier, par débordement dans un tuyau F' s'élevant verticalement du fond du bassin et est renvoyé en tête des caniveaux hydrauliques. L'excédent d'eau, non réutilisé au transport, est évacué par un tuyau vertical F'' vers un fossé qui le conduit au ruisseau voisin.

En Belgique, la décantation s'effectue sur des terrains plus ou moins rapprochés de la fabrique, suivant les circonstances locales. Les bassins sont parfois creusés dans le sol, maçonnés ou non. Ils sont plus fréquemment surélevés sur celui-ci et délimités au moyen de digues en terre, de dimensions suffisantes pour pouvoir résister à la poussée des eaux. Les digues ont une section trapézoïdale, les talus sont inclinés de 45 à 60 degrés sur l'horizontale ; la largeur supérieure est d'environ 1 mètre, de façon à permettre la circulation du personnel chargé de la surveillance et de l'entretien des décanteurs. Le fond des bassins est, la plupart du temps, sensiblement horizontal. A la *Sucrerie de Landen*, au contraire, on utilise

un terrain en pente, en contre-bas duquel coule un ruisseau. Les eaux s'accumulent au fond de la déclivité, contre une digue en terre formant barrage de retenue.

La forme, les dimensions et le nombre des étangs décanteurs sont très variables suivant les installations. La forme rectangulaire prédomine cependant. La profondeur au début de la campagne oscille entre 0<sup>m</sup>75 et 3<sup>m</sup>50; elle va sans cesse en diminuant, par suite de l'augmentation progressive de l'épaisseur des dépôts. Il est rare que l'on ait affaire à un bassin unique, comme c'est le cas à la *Sucrerie de Solre-sur-Sambre*. D'ordinaire, la sédimentation se poursuit dans une série de bassins (cinq à la *Sucrerie de Wavre*), chacun d'eux étant en communication avec le suivant.

La plupart des installations sont à circulation continue ; le liquide les traverse avec une vitesse plus ou moins réduite, en se clarifiant au cours de son trajet. En vue de provoquer une séparation plus complète des particules boueuses, on allonge parfois le trajet suivi par les eaux dans un même bassin, en le divisant en un certain nombre de compartiments par des digues transversales. Pour amener les eaux, on emploie divers dispositifs. Les eaux de l'usine n° I de la *Raffinerie Tirlemontoise* se rendent dans le premier étang décanteur, par un fossé à ciel ouvert, large d'environ 2 mètres, formé dans sa dernière partie de digues en terre surélevées sur le sol. A la *Sucrerie de Wavre*, elles empruntent d'abord le lit d'un ruisseau et pénètrent ensuite dans une nochère étanche de 0<sup>m</sup>35 de largeur sur 0<sup>m</sup>45 de hauteur, construite en tôles d'acier de 1<sup>m/m</sup> 5 d'épaisseur ; l'extrémité de la nochère repose sur la digue du premier décanteur. A la *Sucrerie de Niel-Gingelom* on refoule les eaux par une tuyauterie en fonte de 180 millimètres de diamètre intérieur ; l'extrémité de la conduite émerge verticalement du fond du décanteur.

Dans le cas où l'installation de décantation comprend plusieurs bassins, ceux-ci communiquent entre eux au moyen de nochères en bois ou en métal ou à l'aide de petits

barrages-déversoirs constitués parfois uniquement de sacs de terre empilés les uns sur les autres.

Dans un certain nombre d'installations, nous avons rencontré des dispositifs plus perfectionnés en ce qui concerne la décharge de l'effluent dans le cours d'eau ou dans le fossé d'évacuation. A la *Raffinerie Tirlemontoise*, on a édifié deux murets parallèles dans chaque face intérieure desquels est ménagée une rainure verticale régnant sur toute la hauteur; dans la coulisse ainsi formée on glisse un certain nombre de planchettes faisant l'office de barrage-déversoir. Au fur et à mesure que les dépôts augmentent, on élève la crête du déversoir par l'adjonction d'une planchette; l'effluent s'écoule par un caniveau maçonné, prolongé par une nochère en tôle surplombant la rivière. Le déversoir de l'installation de la *Sucrerie de Landen* est construit d'une façon identique, mais on y a adjoint un petit puisard rempli de coke, destiné à la filtration de l'effluent préalablement à son évacuation définitive. Aux *Sucreries-Raffineries M. et W. Le Docte*, à *Gembloux*, un tuyau vertical recueille la nappe superficielle décantée; ce tuyau est constitué de tronçons facilement démontables et en nombre variable suivant le niveau de l'eau.

La question de l'enlèvement des dépôts formés dans les bassins de décantation a une importance toute particulière. D'ordinaire, les bassins ne sont pas curés de toute la campagne, abstraction faite de la quantité restreinte de terre destinée à raffermir ou rehausser les digues et extraite au fur et à mesure des besoins. Le curage proprement dit s'effectue durant la bonne saison; les dépôts enlevés constituent la meilleure partie des champs de culture; par suite de leur teneur en principes organiques, ils sont très avantageusement répandus sur des prairies ou sur des terres de labour.

Les frais résultant du curage des bassins et du chargement et du transport des terres sont assez élevés et supportés, presque toujours, par la fabrique. C'est pourquoi, dans bon nombre d'usines, on adopte une autre manière de

faire : le curage n'est que partiel; une partie des dépôts est employée à relever les digues, l'autre reste en place. Le niveau général du terrain affecté à la décantation s'élève donc graduellement d'année en année; lorsque le terrain est suffisamment exhaussé, on passe à une parcelle voisine. Ce système est avantageux, puisque, en plus de la réduction des frais de curage, il permet la transformation de terrains humides et marécageux en excellents terrains de culture. Aussi est-il appliqué en plusieurs endroits, notamment à la *Sucrerie de Wavre*, où la totalité des eaux résiduaires passe sur les terrains à surélever. A la *Sucrerie de Landen*, il permet de réduire peu à peu la déclivité d'un des versants du « Molenbeek ». Une variante du procédé, employée à la *Fabrique de sucre Niset, Roberti, Strel et C<sup>ie</sup>*, à *Fexhe-le-Haut-Clocher*, consiste à combler des dépressions situées au milieu de terres de labour, en y amenant les eaux de lavage des betteraves; la masse liquide est en partie absorbée par le sol et en partie évaporée.

### III. — Description d'une installation d'épuration mécanique.

Les installations d'épuration mécanique des eaux résiduaires de sucreries sont nombreuses dans notre pays. Nous ne pouvons songer à les décrire toutes : cette manière de faire donnerait lieu à des redites et serait sans intérêt immédiat. Nous nous contenterons d'en examiner une en détail. Nous choisirons l'installation d'épuration de la *Sucrerie de Solre-sur-Sambre*.

\* \* \*

#### 1. Installation d'épuration mécanique des eaux résiduaires de la *Sucrerie de Solre-sur-Sambre*.

La sucrerie est située près de la gare de Solre-sur-Sambre, en contre-bas de la ligne de chemin de fer d'Erquelinnes à Charleroi (planche III). Elle traite environ

300,000 kilogrammes de betteraves par jour et rejette, en moyenne, 5,000 mètres cubes d'eau résiduaire durant le même laps de temps.

L'eau nécessaire à la fabrication est empruntée à la Sambre ; elle se déverse par pente naturelle dans un puits d'où elle est reprise par deux pompes alimentant le condenseur barométrique et la diffusion. L'eau chaude sortant du condenseur est réemployée au transport hydraulique et au lavage des betteraves. Les eaux condensées dans les appareils à évaporer et à cuire retournent aux chaudières et celles provenant du lavage des toiles des filtres-presses servent à la fabrication du lait de chaux.

\* \* \*

Les betteraves, amenées à l'usine par transport hydraulique (planche IV), se déversent dans les augets d'une roue qui les élève et les jette dans le laveur ; les eaux de transport tombent dans la fosse de la roue élévatrice et se mélangent aux eaux de lavage des racines en tête d'un caniveau A longeant le laveur. Le mélange des eaux boueuses se rend par un caniveau B d'environ 0<sup>m</sup>50 sur 1 mètre, sur un *ramasse-queues*, où il se débarrasse des débris végétaux et des radicelles. Cet appareil est semblable à celui qui a été décrit lorsque nous avons parlé du dégrossissage (voir planche I). La paroi filtrante est constituée par une grille à barreaux de 5 millimètres de largeur et 8 millimètres de hauteur environ, laissant entre eux des intervalles de 5 millimètres.

Les quatorze diffuseurs de 45 hectolitres, constituant la batterie de diffusion, sont disposés en cercle : ils sont supportés par un massif de maçonnerie M, dans lequel est ménagé un canal annulaire C, recevant, lors de la vidange d'un diffuseur, le mélange de petites eaux et de cossettes épuisées et le conduisant, par l'intermédiaire d'un autre canal D, dans la fosse de l'élévateur à cossettes. Les godets de cet élévateur incliné E plongent dans la fosse, puisent les cossettes en remontant et les déversent dans une nochère

les conduisant aux presses à cossettes. Les petites eaux de la diffusion traversent, au sortir de la fosse, une tôle à perforations de 30 millimètres de longueur et 3 millimètres de largeur, empêchant le passage des pulpes. Elle se rendent par un caniveau souterrain F dans un puisard G, profond d'environ 10 mètres; un élévateur vertical E' les relève et les déverse dans une nochère en tôle H placée contre un mur à environ 1 mètre au-dessus du sol et dans laquelle débouchent également les eaux des presses à cossettes amenées par une autre nochère I. La nochère H, qui reçoit, comme on voit, la totalité des eaux fermentescibles, les conduit dans un épulpeur Scheibler, reposant sur le sol.

L'épulpeur *Scheibler* (planche V) se compose d'un tambour horizontal rotatif T, en laiton, à perforations rondes de 0<sup>mm</sup>5 à 1 millimètre. Il s'évase en cône du côté de la sortie S et est garni intérieurement d'une série de lattes de transport disposées en hélice (non représentées sur la figure). Ce tambour-tamis est supporté par un tambour en tôle T à larges perforations. L'ensemble tourne dans une enveloppe en tôle pleine C, à fond incliné. L'eau à épulper entre par le tourillon creux C', traverse le tamis et s'écoule par la tubulure de sortie S', ménagée dans le fond de l'enveloppe et débouchant dans un caniveau. La pulpe, retenue par le tamis, glisse le long des lattes de transport et sort par S. La commande de l'appareil se fait par poulies fixe et folle. La quantité de pulpe retenue à Solre-sur-Sambre est de 23 kilogrammes par tonne de betteraves.

Les eaux fermentescibles épulpées rejoignent par le caniveau L les eaux boueuses dégrossies, immédiatement en aval du collecteur de radicelles. Le mélange se rend alors par pente naturelle à la décantation.

La *décantation* (planche VI) s'effectue dans un *bassin unique*, creusé dans le sol, de forme à peu près rectangulaire, ayant une profondeur de 2<sup>m</sup>40 et occupant une superficie de 2,300 mètres carrés environ. Les eaux, amenées par un conduit souterrain, traversent le bassin avec une vitesse

réduite et en sortent par un barrage-déversoir. Ce barrage est constitué de deux piliers de maçonnerie P de 30 sur 50 centimètres, dont les faces intérieures, distantes de 75 centimètres, sont garnies chacune d'une pièce de bois B placée verticalement, dans laquelle est ménagée une rainure de 5 centimètres de largeur. Dans la coulisse ainsi formée est glissée une vanne de retenue en planches *p.* dont le seuil est à une hauteur de 2 mètres au-dessus du fond du bassin. La capacité utile du bassin, comptée en contre-bas du seuil, est donc de  $2,300 \times 2 = 4,600$  mètres cubes. L'effluent est conduit à la Sambre par un fossé d'un mètre de largeur et 300 mètres de longueur.

Nous avons eu l'occasion de visiter cette installation après la campagne 1912-1913. Nous avons trouvé le bassin de décantation entièrement comblé. Les dépôts avaient atteint dans le bassin et même sur une certaine longueur du fossé d'évacuation un niveau supérieur à celui de la crête du déversoir de sortie. Après un certain temps de fonctionnement normal, le bassin était donc devenu complètement inefficace par suite de ses dimensions trop restreintes; les eaux s'étaient creusé dans les boues un lit large et peu profond qui les conduisait, non décantées, au fossé d'évacuation. Il est à remarquer que durant la dernière campagne, la quantité de terre adhérente aux betteraves et envoyée après lavage des racines, dans le décanleur, était très élevée, par suite de conditions climatériques défavorables durant la récolte.

\* \* \*

Pour évaluer la charge financière résultant de l'épuration mécanique, nous avons prié la direction de la fabrique de vouloir bien nous renseigner sur les frais de premier établissement et sur les frais d'exploitation annuels de cette installation. Nous reproduisons ci-après les renseignements transmis :

*Frais de premier établissement :*

1° Premier établissement du bassin . . . fr.	1,440
2° Installation d'un récupérateur de radicelles . . . . .	2,500
3° Installation d'un épulpeur avec élévateur adjoint . . . . .	3,200
Total. . . fr.	7,140

*Frais d'entretien et amortissement :*

1° Vidange de l'étang. . . . . fr.	1,200
2° Frais de chargement et voiturage des terres . . . . .	2,000
3° Entretien du récupérateur de radicelles et de l'épulpeur . . . . .	450
4° Intérêt du capital et amortissement(10%).	714
Total. . . fr.	4,364

Si nous admettons un travail de 15,000,000 de kilogrammes de betteraves par campagne de cinquante jours, nous voyons que les frais d'épuration s'élèvent à :

$$\frac{4,364.00}{5,000 \times 50} = 0.018 \text{ fr. par mètre cube d'eau,}$$

$$\text{ou à } \frac{4,364.00 \times 1,000}{15,000,000} = 0.291 \text{ fr. par tonne de betteraves.}$$

*2. Coût de l'épuration mécanique.*

Nous venons de voir que les frais d'épuration mécanique des eaux rejetées par la sucrerie de Solre-sur-Sambre s'élèvent à environ 0.018 fr. par mètre cube d'eau traité ou à 0.291 fr. par tonne de betteraves. Il est à peine besoin de faire remarquer que le coût de l'épuration mécanique varie suivant les installations.

En vue d'étudier les fluctuations qu'il subit, nous avons entrepris une enquête dans un certain nombre de fabriques du pays. Les renseignements qui nous ont été transmis n'avaient pas toujours la précision désirable. En

ce qui concerne le volume d'eau à épurer, il nous a été impossible, dans la plupart des cas, d'obtenir des renseignements même approchés; force nous a donc été de l'évaluer approximativement en nous basant pour cette estimation sur les réemplois. Si nous résumons les chiffres fournis, nous pouvons dire que les frais de premier établissement varient entre 6,000 et 23,000 francs. Quant au coût de l'épuration, il oscille entre fr. 0.01 et fr. 0.05 par mètre cube d'eau.

#### IV. — Examen critique du procédé mécanique.

De l'exposé des principes de l'épuration mécanique découle immédiatement une conséquence importante : c'est que ce procédé, qui réalise dans une certaine mesure l'élimination des matières en suspension, reste impuissant en ce qui concerne les substances dissoutes et colloïdales (pseudo-solution).

Ordinairement, une eau résiduaire décantée tient encore en suspension de fines particules terreuses et des débris organiques n'ayant pas obéi à la loi de la pesanteur. La cause en est dans les dimensions trop restreintes du bassin ou bien dans son fonctionnement défectueux. Très souvent, en effet, les eaux débouchent dans le bassin par un conduit de peu de largeur ou par un simple tuyau : la hauteur de chute, parfois de plusieurs mètres, provoque, dans la masse à clarifier, des remous qui retardent la sédimentation. De plus, au lieu de circuler uniformément sur toute la largeur du bassin, les eaux se creusent plutôt dans l'épaisseur des dépôts un lit étroit reliant l'entrée à la sortie et conservent une vitesse trop considérable pour que les particules en suspension puissent se déposer. Il serait donc préférable d'employer un bassin de forme régulière (rectangulaire), aménagé de façon à rendre aussi uniforme que possible la progression de la masse liquide vers la sortie.

En tout cas, une sédimentation totale des matières non dissoutes ne peut être obtenue; quel que soit le soin apporté

au bon fonctionnement de l'installation, l'effluent emporte avec lui les matières colloïdales et les fines particules terreuses et organiques qui n'ont pu se déposer par suite de leur légèreté. Les dernières, composées principalement de pulpe folle, de débris de feuilles et de paille, forment à la surface de l'eau une croûte plus ou moins épaisse dont des parcelles se détachent constamment et sont entraînées vers la sortie du bassin.

Mais le véritable point faible du procédé résulte dans son peu d'efficacité vis-à-vis des matières organiques en solution. Dans la plupart des cas, on trouve plus simple de mélanger les eaux fermentescibles aux eaux boueuses et d'envoyer le tout à la décantation. L'eau arrivant dans les bassins renferme donc des *matières organiques dissoutes*; elle en renferme également *en suspension* puisqu'elle échappe souvent, en tout ou en partie, aux opérations si importantes — et, soit dit en passant, si rémunératrices pour l'industriel, par suite de la valeur du produit récupéré (pulpe ou radicelles) — du dégrossissage et de l'épulpage. D'ailleurs les ramasse-queues et les épulpeurs sont fréquemment construits d'une façon beaucoup trop sommaire ou trop défectueuse pour avoir quelque efficacité; ils ne retiennent qu'une faible quantité des radicelles, des pailles et des débris de cossettes. Des substances organiques se déposent donc avec les terres dans les bassins : elles ne tardent pas à se solubiliser par décomposition avec production de gaz infects, ainsi que le prouvent les nombreuses bulles venant crever à la surface de la nappe liquide et l'odeur désagréable perçue aux abords des étangs décanteurs. Comme, dans la plupart des installations, les eaux cheminent au travers des mêmes bassins depuis le commencement jusqu'à la fin de la campagne, il s'ensuit que la totalité de la masse liquide passant sur ces boues se charge des produits liquides et gazeux résultant de leur putréfaction. Les matières organiques dissoutes, amenées avec le liquide à épurer, se transforment également pendant la décantation et contribuent à enrichir l'eau en gaz toxiques et à lui enlever

son oxygène. Le mal est encore accru lorsque des eaux chaudes (provenant du condenseur barométrique ou condensées dans les appareils) sont envoyées à la décantation; même après avoir servi au transport hydraulique, elles provoquent une élévation de température de la masse liquide, plaçant les matières organiques dans des circonstances favorables à leur entrée rapide en décomposition.

Cependant, il semble que la fermentation plus ou moins profonde à laquelle sont soumises les eaux pendant leur décantation ait une influence plutôt favorable sur leur composition chimique. Le tableau suivant donne les résultats de l'analyse de trois échantillons d'eau traitée par décantation et provenant de trois sucreries différentes. Les deux premiers sont composés d'eaux de transport et de lavage et le troisième d'eaux de transport, de lavage et de la diffusion. On voit, entre autres, que l'oxydabilité (mesurée en  $KMnO_4$  absorbé) a diminué dans les trois cas.

#### B. — PROCÉDÉS CHIMIQUES.

Nous avons vu que dans les procédés mécaniques, l'épu-  
ration, ou plutôt la clarification de l'eau, était obtenue  
uniquement par la mise en œuvre de moyens physiques :  
filtration plus ou moins grossière et décantation.

Dans la nouvelle classe de procédés que nous allons étudier, ces moyens physiques sont combinés avec l'addition à l'eau de *réactifs* appropriés. A proprement parler, il s'agit donc plutôt de procédés *chimico-mécaniques*.

#### I. — Principe des procédés chimiques.

Si l'on ajoute à de l'eau polluée certains agents chimiques, il se forme, par réaction des substances chimiques entre elles ou avec certains éléments contenus dans l'eau, un précipité qui englobe les matières en suspension et enlève à l'eau une partie de matières en solution. Le précipité est séparé par décantation du liquide dans lequel il a pris naissance.

Analyse : 1 litre d'eau renferme (en milligrammes) :

Analyse : 1 litre d'eau renferme (en milligrammes) :									
Nature de l'échantillon	Eau non filtrée					Eau filtrée			
	Matières en suspension		Acide sulphydrique	Résidu à l'évaporation	Chlore	Azote			Organique
	Total	Perte au rouge		Total	Perte au rouge	Total	Ammo-niaque	Nitrique	
Eau de la première installation	3155	323	0	998	373	40	25	22	0
	125	95	réaction	850	289	42	29	24	0
Eau de transport et de lavage, avant décantation . . .	1447	—	réaction	1154	—	84	13	—	—
	255	—	»	1057	—	84	11	—	—
Eau de transport et de lavage, à la sortie du premier bassin de décantation . . .	54	—	traces	1106	—	81	11	—	—
	30	14	réaction	2965	1718	70	25	0.5	0
Eau de transport, de lavage et de la diffusion, après dégrossissage . . .	10494	840	0	3212	1805	72	23	1	0
	50	—	»	2965	1718	70	25	0	0
Eau de transport, de lavage et de la diffusion, après décantation dans une série de 3 bassins . . .	24.5	521	traces	24.5	521	22	980	réaction	—
	—	—	»	—	—	—	—	—	—

## II. — Phases des procédés chimiques.

On voit que l'épuration chimique peut comporter trois phases :

- 1° *Le dégrossissage et l'épulpage de l'eau résiduaire.*
- 2° *L'addition à l'eau du ou des réactifs.*
- 3° *La décantation de la masse liquide.*

### DÉGROSSISSEMENT ET ÉPULPAGE.

Toutes les considérations émises dans le paragraphe de l'épuration mécanique au sujet de ces filtrations sommaires (description des appareils employés, nature des eaux soumises à ces traitements) pourraient trouver place ici. Afin de ne pas nous répéter, nous renvoyons, pour ces détails, au paragraphe mentionné. (Voir : Phases du procédé mécanique. — Dégrossissement et épulpage.)

### ADDITION DES AGENTS ÉPURANTS.

De nombreux réactifs ont été proposés en vue d'épurer chimiquement les eaux résiduaires de sucreries. En Belgique, on utilise de préférence la *chaux*, le *carbonate de chaux*, le *ferrite de soude* et l'*aluminate de soude*; l'emploi simultané de ces deux derniers produits et de la chaux constituent le procédé *Liesenberg*.

Les agents chimiques sont employés soit comme tels, soit sous forme de solutions aqueuses. Ce dernier mode est préférable parce qu'il permet un mélange plus intime du réactif avec l'eau, condition essentielle d'une bonne épuration. Dans le procédé Liesenberg, par exemple, un appareil préconisé par l'inventeur sert à la fabrication du lait de chaux et des solutions aqueuses de ferrite et d'aluminate de soude et déverse ces solutions automatiquement et en quantité toujours égale, dans l'eau polluée. Souvent on se contente de jeter, par intervalles, le réactif dans le conduit des eaux à épurer (comme c'est surtout le cas lorsqu'on emploie de la chaux en blocs ou en poudre, ou

des déchets du four à chaux). Outre qu'il est impossible, de cette façon, d'arriver à une teneur constante de l'eau résiduaire en réactif, on peut se trouver à la merci d'ouvriers peu consciencieux, capables de compromettre par leur négligence ou leur malveillance le bon fonctionnement de l'installation.

### DÉCANTATION.

La phase ultime de tout traitement chimique consiste en une décantation, provoquant le dépôt du précipité formé dans la masse liquide, et, conséquemment, la clarification de celle-ci. Elle s'effectue dans des bassins ou étangs décanteurs. (Voir : Phases du procédé mécanique. — Décantation.)

Mais alors que dans la plupart des installations d'épuration purement mécanique, tous les bassins servent constamment pendant toute la période d'activité de la sucrerie, on rencontre, dans les installations chimico-mécaniques, des bassins décanteurs ne fonctionnant que par intermittence et vidés au cours de la campagne. Les eaux à décanter traversent un certain nombre de bassins consécutifs ; dès que le bassin de tête est plein de boues, on l'isole, afin de procéder à sa vidange ; on fait déboucher les eaux dans le suivant et on met en service un nouveau bassin en queue. Chaque bassin est donc mis tour à tour hors batterie.

## III. — Epuration à la chaux.

### 1. Principe du procédé.

L'addition, aux eaux résiduaires, de chaux sous forme de *chaux vive*, de *pâte de chaux* plus ou moins hydratée ou de *lait de chaux*, provoque la formation d'un précipité entraînant les matières en suspension et une certaine quantité de matières colloïdales ou rendues insolubles par réaction chimique. Le précipité se dépose dans des bassins de décantation.

## 2. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de Frasnes-lez-Buissenal (Campagne 1911).

La sucrerie, située au croisement de la route de Tournai à Lessines et de la ligne de chemin de fer de Leuze à Renaix, a traité, durant la campagne 1911, 34,000,000 de kilogrammes de betteraves, soit 810,000 kilogrammes par jour (durée de la campagne : 42 jours).

L'eau fraîche est prise à un puits et au ruisseau « Le Petit Rhosnes ». Elle va en totalité au condenseur barométrique, puis elle est répartie aux différents postes de l'usine, après passage sur le réfrigérant.

Les eaux rejetées par la fabrique et dont le volume s'élève à 4,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, se divisent en deux groupes.

Le premier groupe est constitué uniquement par les eaux des presses à cossettes. Elles sont épulpées par passage à travers une tôle filtrante à perforations de  $10 \times 2$  millimètres, puis malaxées avec les *écumes de carbonatation* (1); ce mélange se rend dans un bassin à écumes, où il s'épand sur une superficie de 7,000 mètres carrés; l'épaisseur de liquide est presque nulle.

Le second groupe comprend les eaux boueuses et les eaux fermentescibles provenant des autres postes de la fabrication. Les premières sont dégrossies par passage dans un râmasse-queues à perforations de 6 millimètres de

(1) Le jus obtenu par diffusion (jus de diffusion, jus vert, jus brut) est impur, puisqu'il renferme, à côté du sucre, du non-sucre minéral et organique. Pour rendre plus facile, plus économique et plus complète l'extraction du sucre par voie de cristallisation, on s'efforce d'éliminer aussi complètement que possible le non-sucre, en traitant le jus par la chaux et l'acide carbonique et en faisant passer ensuite dans des filtres-presses, le mélange boueux obtenu par ce traitement. Les boues retenues par les toiles filtrantes de ces appareils constituent ce qu'on appelle les *écumes de carbonatation*. Elles sont composées en majeure partie de carbonate de chaux; elles renferment également un peu de chaux caustique, de l'acide phosphorique, de l'azote et de la potasse. En marche normale, la proportion d'écumes de carbonatation varie de 8 à 12 p. c. du poids des betteraves.

diamètre; les secondes sont épulpées dans un appareil semblable à celui employé pour les eaux des presses à cossettes. Les eaux du second groupes sont additionnées de *chaux éteinte*, déversée sous forme de boue et à raison de 4,000 à 5,000 kilogrammes par jour, dans le canal d'évacuation. Cette boue est obtenue au moyen de poussière de chaux vive et de morceaux menus qui ne sont pas employés pour l'épuration du jus de diffusion. On tamise ce mélange de façon à obtenir une farine de chaux que l'on éteint. Outre de la chaux caustique, les eaux du second groupe reçoivent également la faible quantité de liquide s'écoulant du bassin à écumes. Elles se rendent dans un bassin de décantation, par un fossé creusé en terre et terminé par une nochère en bois. Le décanteur (planche VII), édifié sur une prairie, est rectangulaire et a une surface de 6,750 mètres carrés; l'eau le parcourt suivant le long côté. Le liquide décanté sort par des tuyaux en fer de 40 millimètres de diamètre, traversant la digue opposée à l'amenée du liquide et s'inclinant de l'intérieur vers l'extérieur du bassin. Les tuyaux de sortie sont répartis par groupes de deux, placés côte à côte tous les 4 mètres. Cette disposition permet d'évacuer le liquide d'une façon uniforme; elle a l'avantage d'éviter les remous autour du barrage étroit qui constitue, le plus souvent, l'unique sortie d'un bassin de décantation. L'effluent s'écoule dans une rigole longeant la digue. A la fin de la campagne 1911, les dépôts atteignaient, à l'entrée du bassin, de 600 à 700 millimètres d'épaisseur, et à la sortie de 300 à 350 millimètres. Les terres ne sont pas enlevées afin de relever peu à peu le niveau général du terrain.

### 3. *Cout de l'épuration à la chaux.*

La charge financière provenant de l'épuration à la chaux est égale à celle que provoquerait une épuration purement mécanique augmentée du prix d'achat de la matière épurante (à supposer bien entendu que dans les deux cas, les installations de dégrossissage, d'épulpage et

de décantation soient les mêmes et que les frais de vidange des bassins soient identiques, ce qui n'est pas tout à fait exact, vu l'augmentation de volume des dépôts, résultant de l'addition de la chaux.

A la sucrerie de Frasnes-lez-Buissenal, on emploie environ 4,500 kilogrammes de chaux éteinte, soit 3,500 kilogrammes de chaux vive par jour; durant la campagne 1911, qui a duré quarante-deux jours, on a donc employé  $3,500 \times 42 = 147,000$  kilogrammes de chaux vive à 15 francs les 1,000 kilogrammes. La charge financière résultant de l'achat du réactif s'élève donc, pour cette campagne, à

$$\frac{15 \times 147,000}{1,000} = 2,205 \text{ francs.}$$

Par rapport à l'épuration purement mécanique, l'emploi de chaux provoque donc un supplément de dépense de

$$\text{ou } \frac{2,205}{4,000 \times 42} = 0.013 \text{ fr. par mètre cube d'eau}$$
$$\frac{2,205 \times 1,000}{34,000,000} = 0.065 \text{ fr. par tonne de betteraves.}$$

L'entretien des digues coûte 1,000 francs et le gardienage de l'installation 600 francs, annuellement. Mais, les terres restant en place, les frais de vidange sont nuls; on réalise de ce chef une économie annuelle de plusieurs milliers de francs. Par suite de cette dernière circonstance, les frais d'épuration des eaux résiduaires de la sucrerie de Frasnes-lez-Buissenal sont relativement peu élevés, malgré la dépense supplémentaire qu'entraîne l'achat du réactif.

#### IV. — Epuration au carbonate de chaux.

##### 1. Principe du procédé.

On ajoute aux eaux résiduaires les *écumes de carbonatation*, qui sont composées en majeure partie de carbonate de chaux finement divisé et d'un peu de chaux caustique.

Cette addition active la clarification par décantation de la masse liquide.

## 2. *Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Raffinerie Tirlemontoise.*

La Raffinerie Tirlemontoise comprend deux usines : l'usine n° I, traitant 1,000,000 de kilogrammes de betteraves par jour, et l'usine n° II, en travaillant 400,000 durant le même laps de temps.

\* \* \*

*Usine n° I.* — Les betteraves sont reçues à l'entrepôt de Grimde, où elles subissent un premier lavage; elles sont ensuite amenées à l'usine, où on les soumet à un lavage complémentaire ou rinçage. Les eaux résiduaires de l'usine n° I se divisent en deux groupes : les eaux du premier groupe, comprenant les eaux de vidange de la diffusion, les eaux des presses à cossettes et un certain volume d'eau de condensation, sont refoulées vers Grimde; après avoir servi au transport hydraulique et au premier lavage des racines, elles se rendent dans des bassins de décantation dont nous ne nous occuperons pas. Les eaux du second groupe comprennent les eaux de rinçage des betteraves et les eaux de lavage de l'acide carbonique; additionnées aux écumes de carbonatation, elles sont refoulées dans une installation de décantation que nous allons décrire.

*Usine n° II.* — Toutes les eaux résiduaires produites dans cette usine se rendent, non mélangées aux écumes, dans la même installation de décantation.

\* \* \*

En résumé, ces bassins décanteurs reçoivent : a) de l'usine n° I : les eaux de rinçage des racines, ayant passé sur un *récupérateur de radicelles*, et les eaux de lavage de l'acide carbonique; le tout mélangé aux *écumes de carbo-*

*natation* produites dans cette usine; b) de l'usine n° II : la totalité des eaux résiduaires, les eaux boueuses étant *dégrossies*, mais les eaux fermentescibles n'étant pas *épulées*.

\* \* \*

La *décantation* s'effectue dans deux bassins consécutifs situés en face de l'usine n° II. Ces deux bassins occupent une superficie totale d'un hectare. Ils sont délimités par des talus en terre.

Les eaux débouchent dans un chenal étroit qui les conduit dans le premier bassin. Du premier bassin, elles passent dans le second par un petit barrage situé à l'angle diagonalement opposé à l'entrée. La hauteur de chute est d'environ 40 centimètres. Les eaux quittent le second bassin par un déversoir comportant deux murs en maçonnerie présentant des rainures dans lesquelles sont glissées des planchettes. Au fur et à mesure que les dépôts augmentent d'épaisseur, on élève le niveau de la crête du déversoir en ajoutant une planchette. L'effluent tombe d'une hauteur de 1<sup>m</sup>50 dans un caniveau en briques prolongé par une nochère en tôle qui surplombe la rivière.

Au moment de notre visite, l'effluent, débarrassé de la majeure partie des matières en suspension, répandait une odeur fétide, indice de la décomposition des matières organiques. Cette décomposition était d'ailleurs prouvée par les nombreuses bulles de gaz venant crever à la surface des bassins. Au point de déversement de l'effluent, la Gette se couvrait d'une épaisse couche d'écume blanche emportée par parcelles par le courant.

### 3. *Cout de l'épuration au carbonate de chaux.*

L'épuration au carbonate de chaux nécessite ordinairement l'achat d'un malaxeur à écumes.

Dans l'établissement des *frais d'exploitation annuels* de ce procédé chimique, il faut, par conséquent, faire entrer en ligne de compte, l'intérêt et l'amortissement de la somme

affectée à l'achat et à l'installation du malaxeur. D'autre part, la dépense globale résultant du curage des bassins et du transport des terres est accrue proportionnellement à l'augmentation du volume des boues, provoquée par la présence des écumes.

Par contre, le réactif ne coûte rien, puisque les écumes sont produites à la fabrique même et que la plupart du temps elles ne trouvent pas acquéreur : leur mélange aux eaux de rejet permet de s'en débarrasser très aisément.

## V. — Epuration par le procédé Liesenberg.

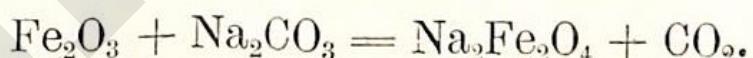
### 1. *Principe du procédé* (1).

« On sait que les combinaisons du fer exercent sur les liquides divers, par exemple, sur les eaux résiduaires, une excellente action épurante...

» Le procédé Liesenberg emploie une combinaison de fer...

» Ce produit est en première ligne du ferrite de soude  $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$  ou une combinaison double de ce sel avec un aluminate.

» Pour produire le ferrite de soude, on soumet le mélange intime d'un mineraï de fer pulvérisé avec une quantité correspondante de soude, à un procédé de fusion dans un four à flamme. Il s'opère ainsi une réaction représentée par la formule suivante :



» Si, au lieu d'un mineraï de fer, on n'emploie qu'un mineraï ferrugineux, comme la bauxite, les minerais alumino-ferrugineux, etc., et si l'on soumet ces corps à l'incandescence en mélange avec de la soude, on obtient de l'aluminate de soude qui constitue avec le premier une combinaison double.

» Le processus de l'épuration des eaux résiduaires

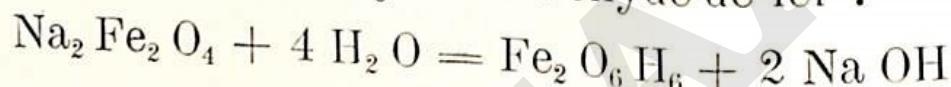
---

(1) Extrait du catalogue de la firme installant le procédé.

s'opère par l'action réciproque du ferrite de soude ou du ferro-aluminate de soude et de l'hydrate ou du chlorure d'une base alcaline.

» A cet effet, on traite d'abord les eaux avec du lait de chaux, par exemple, jusqu'au point où elles marquent une réaction faiblement alcaline, ce qui, non seulement, neutralise les acides libres, mais précipite toutes les impuretés mécaniques, qu'elles soient organiques ou inorganiques.

» Après cela, on ajoute le ferrite de soude; celui-ci se décompose dans l'eau, d'après la formule suivante, en hydrate de soude et en hydrate d'oxyde de fer :



» L'hydrate d'oxyde de fer exerce à l'état naissant une action épurante énergique parce que, d'une part, il précipite les combinaisons inorganiques et surtout les combinaisons organiques qui se trouvent en solution et, d'autre part, parce qu'il empêche toute formation d'acide sulfhydrique ou d'autres combinaisons sulfurées non oxygénées, ou bien parce qu'il les élimine s'il y en a.

» La préparation ferrique a encore le grand avantage de rendre les précipités qui se forment tellement lourds que la clarification se fait instantanément. »

## 2. *Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie Saint-Joseph, à Enghien.*

La sucrerie, située en face de la gare d'Enghien, traite environ 300,000 kilogrammes de betteraves par jour. Elle utilise l'eau d'un puits creusé à 300 mètres de l'usine et, éventuellement, de l'eau de surface provenant des versants d'une vallée et se rassemblant dans un bassin.

\* \* \*

Les eaux de rejet, dont le volume s'élève à 700 mètres cubes par jour, se composent d'un mélange d'eaux boueuses et d'eaux fermentescibles, renfermant encore des ma-

tières organiques en suspension, puisque le ramasse-queues ne peut retenir toutes les radicelles et que les eaux de vidange de la diffusion et les eaux des presses à cossettes ne sont pas épulpées. Le mélange est évacué dans un canal souterrain où il reçoit les réactifs épurants. On emploie du lait de chaux, du ferrite de soude et de l'aluminate de soude, dans les proportions suivantes :

*Chaux* : quantité nécessaire pour obtenir une alcalinité de 0.015 p. c.

	Par tonne de betteraves	Par m <sup>3</sup> d'eau
<i>Ferrite de soude</i> . . . .	0.550 kg.	0.236 kg.
<i>Aluminate de soude</i> . . . .	0.040 kg.	0.017 kg.

En vue de bien répartir les réactifs dans la masse d'eau à épurer, on fait usage d'un appareil préconisé par l'inventeur du procédé.

Cet appareil se compose d'un bac métallique à fond rond, divisé, par une cloison, en deux compartiments dans chacun desquels tourne une roue de 2 mètres de diamètre, portant sur son pourtour des godets d'environ trois quarts de litre de capacité unitaire ; dans le premier compartiment se prépare la solution aqueuse de ferrite et d'aluminate de soude et dans le second le lait de chaux. Les roues à godets sont portées par un arbre horizontal qui est muni de bras agitateurs destinés à obtenir des solutions aqueuses de densité bien constante. Durant la rotation des roues, les godets se remplissent de réactif et déversent leur contenu dans de petites nochères en tôles, continuées par des tuyauteries débouchant dans le conduit d'évacuation des eaux.

Les eaux résiduaires additionnées de réactifs se rendent alors dans les *bassins décanteurs*, où le précipité qui s'est formé se dépose.

Les bassins décanteurs (planche VIII), numérotés I, II, III, IV sur la figure, sont disposés à la file l'un de l'autre ; les parois et le fond sont en maçonnerie. Une nochère en bois N, prenant appui sur les murs transversaux T, porte

des vannes  $d_1, d_2, d_3, d_4$ , qui permettent de déverser le liquide dans l'un quelconque des quatre bassins. Chaque bassin peut être mis en communication avec le suivant (I avec II, II avec III, III avec IV et IV avec I) par l'intermédiaire des ouvertures  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5$ , ménagées à la partie supérieure des murs transversaux T et du mur longitudinal L. Ces ouvertures peuvent être fermées par des vannes  $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5$ . De plus, chaque bassin présente dans le mur longitudinal L une ouverture ( $O'_1, O'_2, O'_3, O'_4$ ) avec vanne de sortie ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ) permettant de le faire communiquer avec le canal de fuite des eaux décantées D; dans le même mur L se trouvent les quatre grandes vannes de vidange des boues  $b_1, b_2, b_3, b_4$ .

Il est à noter que le fond des ouvertures  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O'_1, O'_2, O'_3, O'_4$ , ainsi que le fond des caniveaux C et D sont tous exactement au même niveau (à 30 centimètres en contre-bas de la crête des murs T).

L'installation fonctionne de la manière suivante : Supposons que les eaux à décanter arrivent dans le bassin I;  $d_1, O_1, O_2, O_3$  et  $O'_4$  sont ouvertes; toutes les autres ouvertures sont fermées. Lorsque le liquide a atteint dans I une hauteur de  $1^m45 - 0^m30 = 1^m15$ , il se déverse dans II par l'ouverture  $O_1$ ; dès qu'il a atteint dans II une hauteur de  $1^m90 - 0^m30 = 1^m60$ , il passe dans III par  $O_2$  puis, de la même façon, de III dans IV par  $O_3$ , et de ce dernier, dans le canal de fuite D par  $O'_4$ . Durant leur circulation à travers I, II, III et IV, les eaux se clarifient. Au bout d'un certain temps de fonctionnement, le bassin I doit être curé. L'ouvrier préposé à la surveillance de l'installation appelle deux aides. Ils isolent le bassin à nettoyer en fermant  $d_1$  et  $O_1$ , et font arriver les eaux sales dans II en ouvrant  $d_2$ . Pour curer le bassin I, ils lèvent la vanne de vidange des boues  $b_1$  et font progresser les dépôts vers la sortie au moyen de racloirs en bois. Ce nettoyage dure environ une demi-heure.

Pendant cet intervalle de temps, les eaux ne traversent que les trois bassins II, III et IV. Lorsque le bassin I

est curé, on le remet en service; pour cela, on ferme O<sub>4</sub>' et on ouvre O<sub>4</sub>, O<sub>5</sub> et O<sub>1</sub>'; les eaux sortent de IV par O<sub>4</sub> et se rendent dans I par le canal de communication C; elles passent ensuite par O<sub>1</sub>' pour se déverser dans le canal d'évacuation D.

On voit donc que chaque bassin est mis périodiquement hors service pendant la demi-heure qui est nécessaire à son nettoyage. Les eaux traversent toujours les quatre bassins, sauf lorsqu'on doit procéder à la vidange de l'un d'eux; durant cette manœuvre, elle n'en traversent que trois. On obtient, d'une part un effluent clarifié, d'autre part une boue très liquide. L'effluent est évacué par le canal de fuite D, prolongé par un fossé de 600 mètres de longueur et 2 mètres de largeur, serpentant dans un bois voisin de la sucrerie et muni à chaque coude d'un petit déversoir. A son extrémité, les eaux coulent sur un terrain en pente qui les conduit au ruisseau. Quant aux boues provenant de la vidange des bassins, elles vont s'amonceler à la lisière du bois contre une digue en terre.

Nous n'avons visité cette installation qu'après la campagne 1912. Nous n'avons donc pu nous rendre compte des caractères physiques de l'effluent, mais nous avons trouvé le fossé d'évacuation en partie envasé. Durant la dernière campagne, les eaux étaient chaulées immédiatement avant leur entrée dans les bassins, donc après l'addition de ferrite et de l'aluminate de soude : le gardien jetait de temps en temps une pelletée de déchets du four à chaux dans le canal d'aménée des eaux. Cette manière de faire est à condamner, puisque l'on peut se trouver à la merci d'un ouvrier oublieux ou négligent et dont la surveillance est en tout cas très difficile. Il est préférable d'ajouter la chaux sous forme d'un lait de chaux préparé à l'intérieur de l'usine et déversé automatiquement et continuellement dans les eaux à épurer.

Enfin, il paraît, mais nous n'avons pu vérifier la véracité de ces dires, qu'à quelques kilomètres en aval du point de déversement de l'effluent dans la « Marcq », les eaux de

cette rivière sont fortement polluées; si le fait est exact, et si, sur ce trajet, la Marcq ne reçoit pas d'autres eaux résiduaires, on peut en déduire que le procédé Liesenberg, tel qu'il est appliqué à Enghien, est inefficace.

### 3. *Cout de l'épuration par le procédé Liesenberg.*

Il nous a été impossible d'obtenir des renseignements complets sur les frais de premier établissement et les frais d'exploitation annuels de cette installation.

Les bassins décanteurs actuels ne sont, en effet, que le résultat de la transformation d'anciens bassins en maçonnerie, édifiés lors de la fondation de la sucrerie. L'installation primitive a été complétée par l'adjonction de la nochère en bois, des vannes de vidange et des rigoles en maçonnerie.

L'appareil destiné à produire les solutions aqueuses de réactifs a coûté 1,100 francs.

La marche de l'installation nécessite un homme de jour et un homme de nuit, d'où une dépense approximative de 500 francs par campagne.

Les frais en matières épurantes s'élèvent à 75 à 80 francs par million de kilogrammes de betteraves, soit à environ 1,200 francs par campagne.

La sucrerie épure en moyenne 700 mètres cubes d'eau par jour, soit 35,000 mètres cubes par campagne de cinquante jours. Du chef du gardiennage de l'installation et de l'achat des matières épurantes, les frais d'épuration s'élèvent donc à :

$$\frac{500 + 1,200}{700 \times 50} = 0.049 \text{ fr. par mètre cube d'eau}$$

ou à  $\frac{500 + 1,200 \times 1,000}{15,000,000} = 0.113 \text{ fr. par tonne de betteraves.}$

Pour déterminer plus exactement la charge financière résultant de l'épuration des eaux, il faudrait faire inter-

venir d'autres facteurs tels que intérêt et amortissement du capital engagé, curage des bassins, entretien du récupérateur de radicelles.

Par comparaison avec d'autres installations, nous évaluons le coût des bassins et du récupérateur de radicelles à 7,500 francs environ. En ce qui concerne le curage, on se trouve, à Enghien, dans des conditions favorables : chaque bassin est vidé une, deux ou trois fois par jour, suivant la quantité de terre apportée avec les eaux; la vidange d'un bassin dure environ une demi-heure; cette manœuvre est effectuée par le gardien de l'installation, secondé, alors seulement, par deux aides. Les boues sont évacuées par pente naturelle. Quant à l'entretien du récupérateur de radicelles, nous l'estimerons à 250 francs par an.

Moyennant ces diverses hypothèses, les *frais de premier établissement* s'élèvent à :

1° Établissement des bassins. . . . .	fr. 5,000
2° Installation d'un récupérateur de radicelles . . . . .	2,500
3° Installation d'un appareil pour produire les solutions aqueuses de réactifs . . . . .	1,100
Total. . fr.	8,600

et les *frais d'exploitation annuels* à :

1° Achat de réactifs . . . . .	fr. 1,200
2° Gardiennage de l'installation . . . . .	500
3° Entretien du récupérateur de radicelles . . . . .	250
4° Intérêt et amortissement des sommes immobilisées (10 %) . . . . .	fr. 860
Total. . fr.	2,810

soit  $\frac{2,810}{700 \times 50} = 0.083$  fr. par mètre cube d'eau,

ou  $\frac{2,810 \times 1,000}{15,000,000} = 0.188$  fr. par tonne de betteraves.

N'oublions pas que, par suite des circonstances locales et du mode de fonctionnement des bassins, les frais de

vidange et de transport des boues n'entrent pas en ligne de compte, alors qu'à Solre-sur-Sambre, où la quantité de betteraves mises en œuvre est sensiblement la même qu'à Enghien, ce poste nécessite une dépense annuelle de  $1,200 + 2,000 = 3,200$  francs.

## VI. — Examen critique des procédés chimiques.

N'ayant pas eu l'occasion de nous livrer à une analyse des eaux traitées par les procédés chimiques que nous venons de décrire, il nous est impossible de juger du degré d'efficacité de ces derniers. Des recherches ont été faites, en Allemagne notamment, en vue d'étudier la valeur de certains procédés d'épuration chimique, entre autres des procédés à la *chaux* et au *carbonate de chaux*.

Il semble résulter de ces recherches que le traitement des eaux par des procédés chimiques est loin de provoquer une épuration telle que l'effluent puisse être déversé sans inconvenient dans les cours d'eau.

L'addition de chaux favorise, il est vrai, la sédimentation des particules en suspension, inorganiques et organiques. Mais elle exerce, à la longue, une action dissolvante sur les matières organiques restées en suspension ou séparées du liquide par décantation, de sorte que l'effluent, bien que clarifié, s'enrichit en matières dissoutes d'origine organique. Il est vrai qu'elles ne peuvent se décomposer tant que l'eau traitée renferme de la chaux en quantité suffisante, puisque cette dernière paralyse l'action destructive des micro-organismes ; mais si on introduit l'effluent dans une eau courante, la chaux se combine à l'acide carbonique de l'air ou de l'eau, pour donner un précipité blanchâtre de carbonate de chaux. Une fois la chaux combinée, rien ne s'oppose plus à l'entrée en jeu des micro-organismes qui attaquent et décomposent la matière organique.

En résumé, le traitement des eaux par la *chaux* augmente leur teneur en matières dissoutes ; il retarde mais n'empêche pas la décomposition de ces dernières.

Quant à l'addition des *écumes de carbonatation*, elle produit, de même que la chaux, un effet mécanique favorable en favorisant le dépôt des matières en suspension. Mais elle enrichit l'eau en matières organiques provenant du lessivage du produit ajouté.

Enfin le procédé Liesenberg a l'inconvénient d'employer de la chaux et présente, comme tous les procédés chimiques d'ailleurs, une lacune importante : la composition de l'eau rejetée par une sucrerie variant à chaque instant de la journée suivant les circonstances du travail, il serait nécessaire de faire osciller parallèlement la quantité de réactif à mélanger, pour provoquer une action épurante bien constante. Or, ceci est irréalisable en pratique. Remarquons, pour terminer, que le procédé Liesenberg a été abandonné par la sucrerie de Frasnes-lez-Buissenal, comme ne donnant qu'une épuration toute passagère, et par la sucrerie de Schafstädt (Allemagne); à Schafstädt, les eaux traitées par ce procédé contaminaien le cours d'eau dans lequel elles se déversaient; elles répandaient une odeur insupportable d'acide sulfhydrique lorsqu'on les réemployait dans la fabrique.

### C. — PROCÉDÉS BIOLOGIQUES.

Les procédés mécaniques et chimico-mécaniques ne parviennent pas à éliminer de l'eau les substances organiques dissoutes. Les effluents qu'ils fournissent ne sont pas, à proprement parler, *épurés*: ce résultat ne peut être atteint que pour autant que les substances fermentescibles et putrescibles soient entièrement décomposées, c'est-à-dire transformées en matière minérale. On s'efforce d'arriver à ce résultat par la mise en œuvre de *phénomènes biologiques*.

Dans le cas particulier qui nous occupe, les substances organiques qu'il s'agit de désintégrer sont en majeure partie des composés non azotés (substances hydrocarbonées : sucre, matières pectiques, cellulose); les substances azotées

(matières albuminoïdes) sont en proportion beaucoup moindre.

### I. — Principe des procédés biologiques.

L'épuration biologique des eaux résiduaires de sucreries est basée sur l'action destructive des *microbes* à l'égard de la matière organique. Si l'on soumet les eaux polluées, à l'action de certains micro-organismes, ceux-ci brûlent, c'est-à-dire oxydent les matières organiques grâce à l'oxygène qu'ils empruntent à l'air atmosphérique, en donnant comme produits ultimes de cette décomposition, de l'acide carbonique, de l'eau et des nitrates.

Lorsqu'on utilise le terrain naturel comme support microbien, le procédé d'épuration se nomme *épuration biologique naturelle, épandage, ou encore irrigation terrienne ou culturale*; lorsqu'au contraire, les microbes peuplent un sol préparé artificiellement, on a affaire à une *épuration biologique artificielle ou épuration par lits bactériens*.

### II. — Epuration biologique naturelle, épandage, irrigation.

Dans ce procédé, on répartit les eaux en couche relativement mince sur des *terrains nus ou livrés à la culture, absorbants ou non*. Lorsque le terrain est absorbant, les eaux subissent une véritable filtration à travers les couches perméables; au contraire, lorsque le terrain est imperméable, elles ne s'y infiltrent pas, mais coulent simplement à sa surface, qui est alors légèrement en pente, et sont conduites naturellement vers un fossé d'évacuation.

Le processus de l'épuration par filtration à travers le sol est le suivant : les matières en suspension qui n'ont pas été éliminées par un traitement mécanique ultérieur sont retenues à la surface du terrain et se décomposent au contact de l'air; les substances colloïdales et dissoutes, absorbées avec l'eau, se fixent à la surface des particules sableuses de la couche filtrante, tout comme une teinture se fixe sur un tissu, et ne tardent pas à devenir la proie des

*microbes* que le sol recèle toujours en quantités énormes. L'eau épurée se perd dans le sous-sol ou est recueillie par un drainage et déversée dans un fossé d'évacuation.

Lorsque l'imperméabilité du sol exclut toute filtration naturelle, les eaux ruisselant à sa surface s'épurent partiellement en lui abandonnant ou en déposant sur les plantes une certaine quantité des matières qui la polluent et qui sont décomposées ultérieurement.

\* \* \*

L'épuration par le sol a reçu quelques applications en Belgique, notamment à *Fexhe-le-Haut-Clocher* et à *Allleur*; mais il ne s'agit pas, à proprement parler, d'épandage, c'est-à-dire de répartition méthodique de l'eau sur des terrains aménagés spécialement dans ce but; l'eau est envoyée telle quelle dans des dépressions situées au milieu de terres cultivées; les matières non dissoutes se déposent et surélèvent peu à peu le niveau du fond de ces réservoirs naturels; l'eau disparaît en partie par infiltration dans le sol et en partie par évaporation.

A *Fexhe-le-Haut-Clocher*, on emploie deux fossés, le second étant en contre-bas et à une grande distance du premier; *les eaux n'atteignent jamais le cours d'eau voisin*, le Geer.

Cette manière de faire est également employée à *Allleur*, où les terres colmatées acquièrent une fertilité extraordinaire; elles conviennent surtout pour la culture du maïs, du blé coupé vert et de la betterave fourragère.

\* \* \*

*L'épuration biologique naturelle* exige des terrains propices comme situation, comme étendue et comme nature. Aussi n'est-elle pas toujours praticable. Pour cette raison, et en vue d'intensifier l'action épurante des microbes, on a été conduit à remplacer le sol naturel par un sol artificiel, favorable à la multiplication des micro-organismes

et d'une surface beaucoup moindre que celle nécessitée par les champs d'épandage. De là est né le *procédé d'épuration biologique artificielle*, ou *procédé d'épuration par lits bactériens*.

### III. — **Epuration biologique artificielle, épuration par lits bactériens.**

Le *lit bactérien* est formé d'une couche plus ou moins épaisse (en moyenne 1<sup>m</sup>50 à 2 mètres) de matériaux poreux, à surface aussi tourmentée que possible, laissant entre eux de nombreux vides permettant l'aération de toute la masse. On emploie généralement des scories, du mâchefer, du coke ou des briques concassées. Les lits bactériens peuvent fonctionner comme *lits de contact* ou *lits à percolation*. Les lits de contact travaillent par intermittence et sont placés dans des bassins étanches; les eaux y sont déversées, jusqu'à ce que tous les espaces libres entre les matériaux soient remplis; elles restent un certain temps en contact avec le lit, puis sont évacuées. Après une période d'aération du lit, on procède à un nouveau remplissage.

Dans les *lits à percolation*, l'eau est constamment distribuée en pluie ou en nappe mince sur toute la surface; elle traverse lentement le lit en ruisselant à la surface des matériaux, et est évacuée au fur et à mesure.

Le processus de l'épuration par lits bactériens est identique à celui de l'épuration par le sol naturel. Durant la traversée du lit, les matières organiques se fixent dans les anfractuosités de la surface des matériaux, comme elles se déposent sur les particules sableuses dans l'épuration naturelle, et deviennent la proie des micro-organismes.

Quel que soit le mode d'épuration employé : terrain naturel ou lits bactériens, les eaux doivent être soumises à un traitement préliminaire qui leur enlève, aussi complètement que possible, les matières en suspension, de façon à éviter le colmatage du support microbien.

### 1. Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de l'Espérance, à Snaeskerke.

La sucrerie, située aux abords de la gare de Snaeskerke, sur la ligne de chemin de fer d'Ostende à Ypres, traite environ 800,000 kilogrammes de betteraves par jour.

L'eau nécessaire à la fabrication est empruntée au canal de Nieuport à Plasschendaele.

\* \* \*

L'eau résiduaire dégrossie débouche (planche IX), par une tuyauterie de 20 centimètres de diamètre, dans un *bassin de décantation* de 8,000 mètres carrés de superficie, dont elle traverse successivement les deux compartiments A et B en passant par nappe de 10 centimètres d'épaisseur au-dessus du talus submergé T. Débarrassée de la majeure partie des matières qu'elle tenait en suspension, elle déborde en nappe mince dans une rigole maçonnée et cimentée R, d'un mètre de largeur, longeant le compartiment B et dont la crête se trouve à 10 centimètres au-dessus du niveau du couronnement du talus T. Cette rigole contient sur toute sa longueur du *fer oxydé* (déchets de tôle mince) et, à une de ses extrémités, plusieurs caisses en bois, à claire-voie, remplies de *chaux*. L'eau acide attaque les déchets de tôle, puis elle est chaulée par passage à travers les caisses; la chaux, réagissant sur la combinaison soluble de fer, provoque la formation d'un précipité d'oxyde de fer qui englobe les fines matières en suspension; pour éliminer le précipité formé, on fait cheminer l'eau dans le bassin C, occupant une surface de 1,100 mètres carrés et divisé en deux compartiments munis chacun d'une série de *digues transversales filtrantes* F en gros mâchefer. Le fond du bassin est recouvert d'une couche de coke et de mâchefer. Après cette clarification, l'eau est amenée dans un *bassin d'attente* D, d'où elle est reprise par deux nochères en bois N, précédées de fascines M, qui la distribuent sur deux *lits* L. Les lits occupent chacun une surface d'environ 500 mètres

carrés. Ils sont constitués par une couche de cendres et de mâchefer de 1 mètre d'épaisseur reposant sur une aire en briques formant drainage. L'eau est répartie sur chaque lit par une nochère en bois N, maintenue par des supports à 50 centimètres de la surface; sur cette nochère s'embranchent, à droite et à gauche, les petits chenaux de distribution O (environ 20 par lit), dans lesquels sont ménagés des traits de scie qui répartissent le liquide en goutelettes. Après avoir traversé la couche de mâchefer, l'eau est recueillie par le drainage et passe dans un puisard P, d'où elle se rend dans le canal.

## 2. *Coût de l'épuration biologique.*

L'établissement de cette installation a nécessité une dépense de 97,518 francs, tandis que les *frais d'exploitation annuels*, y compris 10 % pour l'intérêt et l'amortissement des sommes immobilisées), s'élèvent à  $13,580 + 9,752 = 23,332$  francs. Ces sommes globales, dont on ne manquera pas de remarquer l'importance, se répartissent comme suit :

### *Frais de premier établissement.*

1° Terrain occupé par les bassins de décantation et les filtres (surface : 10,791 m <sup>2</sup> ) . . . . .	fr. 40,000
2° Digues (9,178 m <sup>3</sup> à fr. 2.50) . . . . .	22,945
3° Mâchefer et matériaux pour lits (1,584 m <sup>3</sup> à fr. 2.50) . . . . .	3,970
4° Mâchefer et matériaux pour bassins de décantation après le traitement chimique (1,980 m <sup>3</sup> à fr. 2.50) . . . . .	4,950
5° Briques sous filtres, posées à sec (120,000 m <sup>3</sup> à fr. 22 le 1,000) . . . . .	2,640
7° Nochère d'aération en bois . . . . .	1,513
8° Pompes, ramasse-queues, tuyauteries d'arrivée et de départ, etc. . . . .	1,500
Total. . . . .	fr. <u>97,518</u>

*Frais d'exploitation annuels.*

1 <sup>o</sup> Gardiennage (80 jours à 6 fr.). . . . .	fr.	480
2 <sup>o</sup> Chaux (3,000 kil. par jour) et déchets de tôle.		3,600
3 <sup>o</sup> Vidange des boues après la campagne . . .		8,500
4 <sup>o</sup> Réfection des lits, main-d'œuvre et mâchefer . . . . .		1,000
	Total. . . . .	<u>13,580</u>
5 <sup>o</sup> Intérêt et amortissement des immobilisations (10 %) . . . . .	fr.	<u>9,752</u>
	Total. . . . .	<u>23,332</u>

Si l'on admet que la campagne sucrière dure quatre-vingts jours (chiffre donné dans le bilan ci-dessus), les frais d'épuration reviennent à  $\frac{23,332 \times 1,000}{800,000 \times 80} = 0.365$  fr., par tonne de betteraves.

**IV. — Examen critique des procédés biologiques.**

L'épuration biologique par le sol naturel constitue, lorsqu'elle est bien dirigée, un procédé dont l'efficacité n'est plus mise en doute par personne. Malheureusement, elle n'est possible que si l'on possède des terrains convenables comme situation, comme superficie et comme composition. Il ne faut pas perdre de vue non plus qu'elle peut devenir une cause de contamination des puits ou des nappes aquifères souterraines, lorsqu'elle est insuffisante ou mal conduite.

L'épuration par lits de scories n'est représentée dans notre pays que par l'installation décrite plus haut, installation que nous avons visitée durant et après la dernière campagne sucrière. Lors de notre première visite, elle paraissait fonctionner d'une manière très satisfaisante, notamment au point de vue de l'élimination des matières en suspension : l'eau admise sur les lits filtrants après traitement chimique et filtration à travers les digues de mâchefer semblait très claire. Pour pouvoir juger de l'efficacité

du traitement au point de vue de l'émination des matières organiques dissoutes, il aurait fallu suivre de près la marche de l'installation en se livrant journellement, pendant un certain laps de temps, à des analyses chimiques.

Aussi ne pouvons-nous dire avec certitude quel est le mode de fonctionnement de l'installation. En particulier, il nous est impossible d'indiquer la façon dont se comportent les lits de scories, c'est-à-dire de décider s'il s'agit, à proprement parler, de lits bactériens ou simplement de lits filtrants, destinés à clarifier, à divisor et à aérer l'eau traitée chimiquement.

Nous avons revu l'installation après la campagne : les bassins destinés à la décantation étaient combles ; les lits de scories eux-mêmes étaient recouverts d'une couche de boue d'environ 10 centimètres. Ceci prouve que la capacité des bassins de décantation est trop faible lorsque la quantité de terre adhérente aux racines est exceptionnellement élevée, comme ce fut le cas durant la dernière campagne sucrière.

\* \* \*

Nous aurons l'occasion de nous étendre plus longuement sur la question de l'efficacité des procédés biologiques, lorsque nous parlerons des tentatives d'épuration des eaux résiduaires de sucreries par lits bactériens, effectuées à l'étranger, en France notamment.

## CHAPITRE IV.

### Méthodes d'épuration des eaux résiduaires de sucreries, employées à l'étranger.

#### ALLEMAGNE.

Dès 1876, des mesures furent prises en Allemagne en vue de contraindre les fabriques de sucre à épurer leurs eaux résiduaires. Plusieurs des procédés préconisés furent soumis à l'examen d'une Commission officielle, qui clôtra ses travaux en 1887. Les résultats de ses recherches sont consignés dans plusieurs rapports dont nous n'avons pu nous procurer que celui se rapportant aux essais entrepris durant la campagne 1884-1885, essais qui portèrent sur les procédés *Müller-Nahnsen*, *Oppermann*, *Rothe-Röckner*, *Elsässer* et le procédé à la chaux.

Les essais officiels, interrompus durant les années 1887 à 1898, furent repris en 1899 par suite de l'institution de la *Commission officielle pour l'examen des méthodes d'épuration des eaux résiduaires de sucreries*. Composée de représentants des diverses administrations publiques et de l'industrie sucrière allemande, elle examine des procédés d'épuration des eaux résiduaires et, en outre, certaines méthodes récentes d'extraction du jus qui réduisent ou même suppriment complètement la production des eaux résiduaires les plus nocives. La Commission arrête la liste des installations dont elle juge utile d'étudier le fonctionnement; ces dernières sont ensuite visitées, une ou plusieurs fois, par la Commission tout entière ou par des délégués. Les échantillons d'eau prélevés sont analysés dans le laboratoire de l'*Institut royal d'essais pour l'alimentation en eau potable et l'épuration des eaux résiduaires* ou dans celui de l'*Association sucrière allemande*. Les travaux de la Commission sont publiés dans des rapports annuels ou

bisannuels. Les résultats des recherches effectuées durant la campagne 1899-1900 ont été simplement mentionnés dans le rapport sur les travaux de la campagne 1900-1901. Les documents publiés jusqu'à présent nous ont été transmis par le Département Impérial des Affaires Étrangères.

Le tableau ci-contre donne une idée de l'activité de la Commission depuis son institution jusqu'à ce jour.

\* \* \*

Nous allons résumer les travaux des deux Commissions allemandes, en élaguant tout ce qui n'a pas trait à la question qui nous occupe et en nous abstenant de toute considération personnelle sur la valeur des méthodes passées en revue; au lieu de décrire les procédés en suivant l'ordre chronologique dans lequel ils furent étudiés par les Commissions, il nous paraît plus judicieux, étant donné le but que nous poursuivons, d'adopter, pour leur étude, la classification scientifique dont nous avons déjà fait usage dans la première partie de cet ouvrage. Nous parlerons donc successivement des procédés :

*Mécaniques,*

*Chimiques,*

*Biologiques.*

Remarquons, encore une fois, que les limites entre ces différents procédés ne sont pas toujours nettement établies; souvent on a affaire à des procédés *mixtes* résultant de la combinaison de deux ou plusieurs des précédents.

#### A. — PROCÉDÉ MÉCANIQUE.

L'efficacité de l'épuration purement mécanique, c'est-à-dire basée uniquement sur le *dégrossissage* et la *décantation* des eaux, n'a pas été étudiée par les Commissions.

#### B. — PROCÉDÉS CHIMIQUES.

Le principe de l'addition de certains *agents chimiques* à l'eau à épurer, donnant naissance à un *précipité* englobant

Époque de l'examen	PROCÉDÉS EXAMINÉS			
	Epuration des eaux résiduaires		Extraction du jus sucré	
	Dénomination des procédés	Etablissements où ils ont été examinés	Dénomination des procédés	Etablissements où ils ont été examinés
Campagne 1899-1900	Procédé Proskowetz	Suc. de Wasserleben Suc. de Nordger- mersleben	—	—
	Proc. Rothe-Degener	Suc. de Soest	—	—
	Procédé Rientsch	Suc. de Stendal	—	—
	Procédé Elsässer	Suc. de Roitzsch	—	—
	Procédé Dibdin	Suc. de Marienweder	—	—
Campagne 1900-1901	Procédé Proskowetz	Suc. de Stössen	—	—
	Procédé Elsässer	Suc. de Roitzeh Suc. de Rautheim	—	—
	Procédé Dibdin	Suc. de Marienweder	—	—
	Procédé Heinold	Suc. de Wallwitz	—	—
Campagne 1901-1902	Procédé Proskowetz (Paschen)	Suc. de Brehna Suc. d'Ochtmersleben Suc. de Sokolnitz	—	—
	Procédé Heinold	Suc. Gross-Osterhausen	—	—
	Procédé Riensch	Suc. de Stendal	—	—
	Proc. Möller-Fölsche	Suc. de Rosenthal	—	—
	Procédé Elsässer	Suc. de Rautheim	—	—
Campagne 1902-1903	Procédé Riensch	Suc. de Stendal	—	—
	Procédé Proskowetz	Suc. d'Ochtmersleben Suc. de Brehna	—	—
Campagne 1903-1904	Procédé Riensch	Suc. de Stendal	—	—
	Procédé Paschen	Suc. de Helmsdorf	—	—
Campagne 1904-1905	Procédé Proskowetz	Suc. de Brehna Suc. d'Ochtmersleben Suc. de Stössen	—	—

Époque de l'examen	PROCÉDÉS EXAMINÉS			
	Epuration des eaux résiduaires		Extraction du jus sucré	
	Dénomination des procédés	Etablissements où ils ont été examinés	Dénomination des procédés	Etablissements où ils ont été examinés
Campagne 1905-1906	—	Suc. de Helmsdorf	Procédé Pfeifler	Suc. de Wendessen
	Procédé Beutnagel	Suc. de Schackensleben	—	—
	Procédé Nowak	Suc. de Nordgermersleben Sue. d'Ochtmersleben	—	—
Campagne 1906-1907	—	—	Procédé Pfeiffer	Suc. d'Halberstadt
	—	—	Procédé Steffen	Suc. de Wendessen
	—	—	Procédé Claassen	Suc. de Stendal Suc. de Dormagen
Campagne 1907-1908	—	—	Procédé Steffen	Suc. de Stendal
	—	—	Procédé Hyros-Rak	Suc. de Schafstädt
Campagne 1908-1909	—	—	Proc. Pfeiffer-Bergreen	Suc. de Schottwitz Suc. de Wendessen
	—	—	Procédé Claassen	Suc. de Dormagen
Campagne 1909-1910	—	—	Proc. Pfeiffer-Bergreen	Suc. de Gross-Mahner
	—	—	Procédé Hyros-Rak	Suc. de Gommern
	—	—	—	Suc. de Schafstädt
Campagne 1910-1911	Proc. Hoyermann-Wellensiek	Suc. de Gehrden	Procédé Zscheye	Suc. de Biendorf
	—	—	Procédé Hyros-Rak	Suc. de Cöthen
Campagne 1911-1912	(1)	Suc. d'Anklam	—	—

(1) Le procédé appliqué à la sucrerie d'Anklam n'a pas reçu de dénomination spéciale.

les matières en suspension, a reçu de nombreuses applications en Allemagne.

I. — Procédé Müller-Nahnsen.

1. *Installations de Schöppenstedt, de Wendessen, de Cochstedt, d'Irxleben et de Schackensleben.*

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

C'est un procédé de précipitation chimique, dans lequel on ajoute à l'eau à épurer, d'une part, la préparation Nahnsen, composée en majeure partie de sulfate d'aluminium et, d'autre part, du lait de chaux. Il se forme un précipité floconneux d'hydroxyde d'aluminium qui entraîne avec lui les substances non dissoutes et se dépose dans une série de bassins.

D'après l'inventeur du procédé, la préparation et la chaux doivent être ajoutées chacune dans la proportion de 0 kg. 4 par tonne de betteraves, ce qui donnerait à l'effluent une faible alcalinité. Mais on a reconnu que la dose de chaux préconisée est insuffisante pour provoquer la clarification de l'eau. De plus, il est irrationnel de prescrire la même proportion de réactifs chimiques pour toutes les installations, puisque la composition des eaux à traiter varie de fabrique à fabrique. A Schöppenstedt, la quantité de chaux a dû être quadruplée et à Irxleben, décuplée.

Les analyses chimiques des échantillons d'eau traitée par le procédé Müller ont prouvé qu'il ne donne pas une épuration suffisante. L'effluent a, dans la majorité des cas, une composition plus défavorable que l'eau avant traitement. Il est limpide, jaunâtre, presque inodore et fortement alcalin. Mais il ne tarde pas à se troubler par suite de la précipitation de la chaux en excès, sous forme de  $\text{CaCO}_3$ , et à entrer en décomposition. A Irxleben et Schackensleben, la teneur en substances organiques dissoutes a augmenté dans de fortes proportions, par suite de l'action

dissolvante de la chaux sur les matières organiques en suspension. Il conviendrait donc de n'ajouter à l'eau que la quantité de chaux strictement nécessaire pour précipiter tout l'aluminium de la préparation, ce qui est impossible, vu les variations de composition de cette dernière.

La Commission estime que le procédé Müller-Nahnsen est satisfaisant au point de vue de l'élimination des matières en suspension, mais que son action sur les matières dissoutes n'est que très limitée.

## II. — Procédé Oppermann.

### 1. *Installations de Minsleben, d'Aderstedt et de Stössen.*

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

Le procédé Oppermann est basé sur un principe identique à celui de la méthode précédente, c'est-à-dire sur la formation, au sein de la masse liquide, d'un précipité enrobant les particules en suspension. On se sert pour cela de chaux et de réactifs chimiques différents suivant les installations examinées. Ainsi, à Aderstedt, on emploie du sulfate de magnésium renfermant un peu de chlorure du même métal (kieserite de Stassfurt), et du sulfate d'aluminium. A Stössen on utilise du sulfate de magnésium (kie-serite plus impure que celle employée à Aderstedt) et du sulfate ferreux. La chaux précipite l'aluminium et le magnésium sous forme d'hydroxydes insolubles. Quant au sulfate ferreux, il donne naissance à de l'oxyde ferreux qui se transforme en oxyde ferrique, en empruntant l'oxygène nécessaire, aux matières organiques.

Les recherches chimiques ont montré que le procédé Oppermann n'a pas réussi à épurer l'eau des trois sucreries envisagées; la teneur en matières organiques solubles a augmenté par suite de l'action de l'excès de chaux sur les matières organiques non dissoutes. Cet excès de chaux est inévitable et donne à l'eau sa forte alcalinité.

L'efficacité mécanique et chimique de ce procédé peut être comparée à celle du précédent.

### III. — Procédé Rothe-Röckner.

#### 1. Installation de Rossla.

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

Dans ce procédé, on se sert de lait de chaux, de sulfate de magnésium et de terre à diatomées. A Rossla, la chaux et le sulfate de magnésium sont seuls employés; l'eau est débarrassée du précipité d'hydroxyde de magnésium et des substances non dissoutes, dans un appareil préconisé par l'inventeur du procédé et dans deux bassins.

Lors de la visite de la Commission, l'eau n'était qu'incomplètement clarifiée par suite des dimensions trop faibles de l'appareil par rapport à la quantité de liquide à traiter. L'effluent était fortement alcalin et plus riche en matières organiques que l'eau avant traitement. La Commission estime que l'appareil Röckner employé pour l'élimination de matières en suspension est très efficace lorsqu'il fonctionne dans de bonnes conditions. L'effet chimique du procédé n'est pas meilleur que celui des méthodes Müller et Oppermann.

### IV. — Procédé à la chaux.

#### 1. Installation de Wendessen.

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

L'effet épurant est nul; l'effluent renferme plus de substances dissoutes et parmi celles-ci plus de substances organiques que l'eau avant traitement. Les substances en suspension sont éliminées en proportion moindre que dans le procédé Müller, par suite de ce que le précipité formé par la chaux est moins volumineux et moins pesant que celui obtenu avec la préparation Müller.

\* \* \*

En résumé, ces quatre procédés ont un effet mécanique satisfaisant; par contre, leur effet chimique est insuffisant;

les eaux traitées semblent ne pouvoir être déversées que dans des cours d'eau à grand débit et à courant assez rapide.

Les analyses des eaux traitées chimiquement ont montré que leur teneur en matières organiques dissoutes avait augmenté pendant le traitement, par suite de l'action dissolvante des agents chimiques, sur les matières en suspension. Il conviendrait donc de n'employer que la quantité de chaux strictement nécessaire à la réaction, ce qui est impossible, vu la variabilité de composition de la préparation utilisée concurremment à la chaux. D'ailleurs, le problème de l'épuration des eaux résiduaires de sucreries par des moyens chimiques n'est pas près d'être résolu.

### C. — PROCÉDÉS BIOLOGIQUES.

On met à profit l'action épurante des *bactéries* renfermées dans le sol. L'eau est *décantée* au préalable.

#### I. — Procédé Elsässer.

Les eaux sont soumises à un traitement biologique naturel ou épandage.

##### 1. Installation de Roitzsch.

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

La sucrerie de Roitzsch emploie un terrain drainé de 12 hectares, à sous-sol argileux. L'eau s'écoulant des drains est claire, incolore et inodore; sa réaction est neutre, sa teneur en substances dissoutes est réduite à celle de l'eau fraîche employée à la fabrique et elle se conserve sans altération. Le degré d'épuration obtenu semble maximum et l'effluent peut être déversé dans le moindre cours d'eau.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1899-1900.

Les experts de la seconde Commission n'aboutissent pas

à une conclusion aussi favorable; l'eau drainée n'est pas imputrescible.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1900-1901.

L'analyse chimique et microscopique des échantillons d'eau prélevés lors des visites des experts, puis de la Commission tout entière, prouve que l'installation de *Roitzsch* continue à fonctionner d'une manière qui ne donne pas toute satisfaction.

2. *Installation de Querfurt.*

PREMIÈRE COMMISSION; CAMPAGNE 1884-1885.

Les eaux sont conduites à travers une série de vingt-quatre bassins, où elles se clarifient partiellement, puis elles sont refoulées au point le plus élevé du terrain d'épandage, prairie drainée de 9 hectares. Le sous-sol, de nature inégale, est composé de terre glaise sablonneuse et argileuse, avec concrétions calcaires. Le résultat de l'épandage n'est pas aussi satisfaisant qu'à *Roitzsch*, bien que digne de retenir l'attention; les matières organiques ne sont pas éliminées en proportion suffisante pour que l'effluent puisse être conservé sans altération: au bout de huit jours, il se décompose avec production d'acide sulfhydrique.

\* \* \*

La première Commission est convaincue qu'une installation d'épandage bien conçue et bien entretenue est à préférer à tous les procédés chimiques en usage et que son efficacité est telle qu'on peut rejeter l'effluent qu'elle fournit dans le moindre cours d'eau, sans qu'il y ait danger de contamination de ce dernier.

3. *Installation de Rautheim.*

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1901-1902.

L'installation de Rautheim, construite en 1883, traite

INSTALLATION DE RAUTHÉIM.  
(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	ASPECT EXTERIEUR			Odeur	Coulour	Dépôt	Impidité	Reaction (tourne-sol)	Ammoniaque	Acide nitreux	Acide nitrique	Organiques	Inorganiques quées	Matières en suspension	Residu à l'évaporation	Residu à la calcination	Perte au rouge	Chlore	Quantité de K Mn O <sub>4</sub> absorbée	Quantité cor- respondante d'O	Matières organiques (Dosage au K Mn O <sub>4</sub> en solution alcaline)			
	Limpidité	Couleur	Dépôt																					
Eau à la sortie du dernier bassin de clarification.	troublable	faible	incolore	faiblement terreuse	très peu acide	traces	0	fortement acide	traces	traces	traces	—	—	—	—	848	568	280	37	295	74			
Eau à la sortie d'un drain.	presque claire	très faible	jaunâtre	neutre	traces	0	21	—	traces	traces	traces	—	566	464	102	47	82	21						

par jour de 3,000 à 4,000 mètres cubes d'eau par décantation, puis par épandage sur des prairies d'une surface totale de 25 hectares, divisées en dix parcelles utilisées à tour de rôle. Le résultat de l'épandage est excellent. La vente des récoltes couvre les frais de location et d'entretien des prairies. La sucrerie de Rautheim et les fabriques avoisinantes traitaient autrefois leurs eaux par des procédés chimiques parmi lesquels ceux de Knauer, d'Oppermann et de Liesenberg ; actuellement elles emploient toutes l'épandage.

Nous donnons ci-contre les résultats de l'analyse chimique de deux échantillons prélevés, l'un à la sortie du dernier bassin de clarification, l'autre à la sortie d'un des drains.

## II. — Procédé de la sucrerie d'Anklam.

Les eaux sont divisées en trois catégories, comprenant respectivement les eaux boueuses, les eaux chaudes et les eaux fermentescibles (diffusion et presses).

Ces trois catégories d'eaux sont traitées séparément.

### 1. Installation d'Anklam.

SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1911-1912.

La sucrerie d'Anklam comprend deux usines travaillant ensemble 2,200,000 kilogrammes de betteraves par jour et rejetant environ 20 mètres cubes d'eaux résiduaires par minute.

Les eaux de transport et de lavage sont soigneusement dégrossies et décantées, puis évacuées vers la rivière.

Les eaux chaudes sont refroidies avant rejet, par épandage superficiel.

Les eaux de vidange de la diffusion et les eaux des presses à cossettes épulpées sont épurées par épandage sur un champ drainé de 40 hectares, divisé en 22 parcelles utilisées à tour de rôle.

INSTALLATION D'ANKLAM.  
(Résultats en milligrammes par litre.)

Nature de l'échantillon	Aspect extérieur				Eau filtrée				Eau filtrée				Acide sulfhydrique dans l'eau conservée dans l'abri de l'air et de la lumière pendant 10 jours et à la température de 22° dans un flacon houché	Faiable réaction après 10 jours		
	Limpidité	Couleur	Odeur	Dépôt	Eau non filtrée	Matières en suspension	Azote	K Mn O <sub>4</sub> absorbé	Eau filtrée	Nitrate	Nitrite	Ammoniac.	Sucre (au moyen d'alphonaphtol)	en solution alcaline	en solution acide	
Eau à l'arrivée sur le champ d'épandage	Complètement trouble	Grise	Odeur de bette-rave	Acide important, gris	Total	Chloro-	Porte réaction									Lépidité : trouble Couleur : gris-jaune Odeur : de betterave Dépôt : important, gris.
Eau à la sortie du champ d'épandage	Trouble	Brune	Faible odeur de bette-rave	Moins important, brun	Traces											Lépidité : trouble Couleur : gris-jaune Odeur : de betterave (fable) Dépôt : assez important, noir

L'installation d'Anklam a coûté au total 200,000 francs, dont environ 170,000 francs pour l'aménagement des champs d'épandage. Durant les campagnes 1903-1904 à 1910-1911, les frais de vidange et d'entretien des bassins décanteurs se sont élevés en moyenne à 6,500 francs, et ceux d'exploitation de l'installation d'épandage à 9,000 francs environ.

L'eau drainée est presque limpide et est quasi inodore. La rivière se trouble au point de déversement de l'eau décantée; par contre, au débouché des drains, on ne remarque aucune modification dans son aspect. La Commission estime que l'installation d'Anklam, dans laquelle les différentes catégories d'eaux résiduaires sont traitées séparément, est rationnelle et efficace. Depuis 1902, année de la mise en marche, les hécatombes de poissons de la « Peene » ne se sont plus reproduites. M. Unruh considère le procédé d'Anklam comme le meilleur de ceux employés à l'heure actuelle et recommande vivement son application là où les circonstances locales le permettent. Certains résultats de l'analyse chimique de l'eau avant et après épandage, effectuée à *l'Institut royal d'essais pour l'alimentation en eau potable et l'épuration des eaux résiduaires*, sont mentionnés au tableau ci-contre; la teneur en matières organiques a fortement diminué, mais l'eau est faiblement putrescible.

#### D. — PROCÉDÉS CHIMICO-BIOLOGIQUES.

Dans ces procédés, on recourt à la fois au traitement des eaux par des *réactifs chimiques* et à l'*épandage*.

##### I. — Procédé Proskowetz.

Les eaux à épurer sont soumises à deux épandages, précédés chacun d'un chaulage avec décantation. Le chaulage initial est suivi d'une fermentation plus ou moins complète.

## I. Installation de Stössen.

### SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1900-1901.

La Commission jugea nécessaire de suivre la marche de l'installation pendant un intervalle de temps assez long : aussi déléguait-elle M. Pritskow à Stössen pendant un mois.

Les eaux de rejet ne sont pas chaulées, contrairement aux prescriptions de l'inventeur du procédé ; elles sont décantées, puis retournent en majeure partie à la fabrique ; le surplus seulement se rend dans le bassin de fermentation ou de putréfaction (Gähr- oder Faulteich) et de là successivement sur les deux parcelles du premier champ d'épandage drainé. Les eaux recueillies par les drains sont additionnées d'une quantité de chaux laissée à l'appréciation des ouvriers, puis conduites dans un grand bassin où les boues provenant de ce traitement se déposent ; elles sont ensuite distribuées sur le second champ d'épandage (Kalkfeld) muni d'un double drainage et de là évacuées vers le cours d'eau ou renvoyées à la fabrique.

Les terres d'épandage, utilisées pour la culture avant la campagne sucrière, sont de nature argileuse. Elles sont peu perméables, c'est-à-dire défavorables à une bonne filtration.

Pour suivre la marche du procédé, on a analysé à différentes époques des échantillons d'eau prélevés :

- 1<sup>o</sup> A l'entrée dans le bassin de décantation ;
- 2<sup>o</sup> A l'arrivée sur la première parcelle du premier champ d'épandage ;
- 3<sup>o</sup> A l'arrivée sur la deuxième parcelle du premier champ d'épandage ;
- 4<sup>o</sup> A la sortie de la deuxième parcelle du premier champ d'épandage ;
- 5<sup>o</sup> A l'arrivée sur le second champ d'épandage ;
- 6<sup>o</sup> A la sortie de celui-ci (eau épurée).

Par suite du manque d'appareils appropriés, les analyses effectuées à la fabrique durent être bornées à l'examen physique de l'eau, à la détermination qualitative de l'acide nitreux, de l'acide nitrique, de l'acide sulphydrique et du sucre (cette dernière au moyen d'alphanaphthol), à la déter-

TABLEAU A.

## INSTALLATION DE STÖSSEN.

(Résultats en milligrammes par litre).

Nature de l'échantillon	Jour et heure du prélèvement	Température		Aspect extérieur				Composition chimique (en milligrammes par litre)								Réaction	Alcalinité (en CaO)	Augmentation (+) ou diminution (-) de la teneur en azote						Augmentation (+) ou diminution (-) de l'oxygène absorbé	Observations	
		de l'air	de l'eau	Limpidité	Couleur	Odeur	Dépôt	Acide nitreux	Acide nitrique	Acide sulfhydrique	Sucre	Azote			Total	Ammo-niacal	Organique	Total	Ammo-niacal	Organique						
												Total	Ammo-niacal	Organique												
N° 1. Eau résiduaire totale	22-12-1900 8 h. 50	+ 4,5°	+ 42,0°	très trouble	gris-jaune sale	légèrement putride, odeur de betterave	important terreaux	0	0	forte réaction	réaction nette	25	11	14	neutre	—	142	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N° 2. Eau à l'arrivée sur la première parcelle du premier champ d'épandage.	22-12-1900 8 h. 55	+ 4,5°	+ 36,0°	»	gris sale, un peu plus foncée que N° 1	»	moins important que N° 1	»	»	»	»	24	12	12	*	71	—	0,4 % + 9,1 % — 14,3 %	— 4,0 % + 9,1 % — 14,3 %	— 50,0 % — 50,0 %	—	—	—	—	—	—
N° 3. Eau à l'arrivée sur la deuxième parcelle du premier champ d'épandage.	22-12-1900 9 h. 00	+ 4,5°	+ 5,5°	légèrement trouble	jaunâtre	légèrement putride	0	»	»	réaction faible	réaction très faible	22	11	11	»	—	57	— 12,0 % ± 0	— 21,4 % — 8,3 % — 8,3 %	— 59,9 % — 19,7 %	—	—	—	—	—	—
N° 4. Eau à la sortie de la deuxième parcelle du premier champ d'épandage.	22-12-1900 9 h. 15	+ 4,5°	+ 4,0°	»	légèrement jaunâtre	»	»	»	»	réaction très faible	traces	11	5	6	»	—	37	— 56,0 % — 54,5 % — 57,1 % — 50,6 % — 54,5 %	— 45,5 % — 73,9 % — 35,1 %	—	—	—	—	—	—	—
N° 5. Eau à l'arrivée sur le second champ d'épandage.	22-12-1900 9 h. 25	+ 4,5°	+ 3,0°	claire	incolore	légèrement ammoniacale	»	»	»	0	0	5	3	2	alcaline	66	12	— 80,0 % — 72,7 % — 85,7 % — 54,5 % — 40,0 %	— 66,7 % — 91,5 % — 67,6 %	—	—	—	—	—	—	—
N° 6. Eau épurée, à la sortie du second champ d'épandage.	22-12-1900 9 h. 30	+ 4,5°	+ 3,5°	»	»	légèrement terreuse	»	»	»	0	0	4	1	3	légèrement alcalin	1	11	— 84,0 % — 90,9 % — 78,6 % — 20,0 %	— 66,7 % + 50,0 % — 92,3 % — 8,3 %	—	—	—	—	—	—	—

mination quantitative de la matière organique par l'oxydabilité au permanganate de potassium et à celle de l'alcalinité.

Cependant un échantillon fut soumis, à Berlin, à un examen plus détaillé. Nous donnons ci-contre et à titre d'exemple les résultats de cette analyse (tableau A).

D'après ce tableau, on voit que l'eau épurée est claire et incolore et a une réaction faiblement alcaline. L'acide sulfhydrique et le sucre ont été éliminés peu à peu; la teneur en matières organiques dissoutes, exprimée en oxygène absorbé en solution acide, diminue au total de 92.3 p. c. Cette diminution est répartie inégalement entre les différentes phases du traitement; elle est la plus forte après le passage dans le bassin de décantation :  $\frac{0.142 - 0.071}{0.142} \times 100 = 50$  p. c., et après le chaulage consécutif au premier épandage :  $\frac{0.037 - 0.012}{0.037} \times 100 =$

67.6 p.c.; elle est moindre durant le premier et le deuxième épandage (respectivement 19.7 p. c. et 35.1 p. c.) et minimum durant l'épandage de l'eau chaulée (8.3 p. c.).

\* \* \*

Des recherches de M. Pritzkow, on peut tirer les conclusions générales suivantes : le procédé Proskowetz tel qu'il est appliqué à Stössen peut être considéré comme efficace. L'oxydabilité de l'eau a diminué en moyenne de 93 p. c. L'effluent a une réaction faiblement alcaline; il est incolore, presque inodore et imputrescible. Outre une clarification, le bassin de sédimentation provoque aussi une épuration assez importante. Les épandages, surtout le dernier, influent moins sur la diminution de l'oxydabilité que la décantation initiale accompagnée de fermentation et que le traitement à la chaux.

#### SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1904-1905.

Le mode d'épuration n'a pas varié depuis 1900-1901, à part un chaulage supplémentaire de l'eau après passage sur la première parcelle du premier champ d'épandage.

L'eau a une composition un peu différente, mais tout aussi satisfaisante que précédemment.

## 2. *Installation de Brehna.*

### SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1901-1902.

Les eaux à épurer subissent un traitement analogue à celui appliqué à Stössen ; elles sont faiblement chaulées avant décantation.

De l'analyse des échantillons prélevés au cours des visites, il résulte que les résultats du traitement ne peuvent être considérés comme défavorables, puisque le cours d'eau recevant l'effluent est moins pollué en aval qu'en amont du point de déversement.

### SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1904-1905.

L'installation Proskowetz continue à bien fonctionner, comme le montre le tableau ci-après :

INSTALLATION DE BREHNA.  
(Résultats en milligrammes par litre).

Nature de l'échantillon	Aspect extérieur			KMnO <sub>4</sub> absorbé	Résidu à l'évaporation	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Chlore (Cl)	Chaux (CaO)
	Limpidité	Odeur	Réaction						
Eau à l'arrivée sur le second champ d'épan- dage.	Opales- cente	Forte odeur de trimethyl- amine	Faible- ment alcaline	156	1178.8	521.8	657	43.2	261
Eau à la sortie du sec <sup>d</sup> champ d'épandage.	Claire	Légèrem <sup>t</sup> putride, fécaloïde	»	33	584	420.8	163.2	43.2	390
Eau du ruisseau, en aval du point de dé- versement de l'effluent.	»	Putride, fécaloïde	—	33	758.4	538.2	220.2	43.2	275.2

### 3. Installation d'Ochtmersleben.

SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1901-1902.

L'installation d'Ochtmersleben est semblable à celle de Brehna ; on ne pratique pas de chaulage initial ; la plupart du temps l'eau est renvoyée en totalité à la fabrique après épuration partielle ; de l'eau « définitivement épurée » n'est rejetée que par intermittence (tous les huit jours, lors de l'arrêt du dimanche). Cette eau, ayant subi toutes les phases du traitement, a une composition peu favorable ; le résidu à l'évaporation, la perte au rouge, l'oxydabilité et la teneur en chlore sont trop élevés.

Certains membres de la Commission font remarquer que l'épandage est souvent irréalisable par suite de circonstances locales défavorables. Il est à recommander de séparer les eaux suivant leur composition, lorsqu'il y a possibilité de le faire, de façon à ne soumettre à l'épandage que les eaux les plus polluées, dont le volume relativement faible exige une étendue de terrain beaucoup moindre que celle que nécessiterait le traitement de toute la masse liquide par ce procédé. La Commission estime qu'il est préférable de déverser l'effluent par intermittence, lorsqu'il s'agit de cours d'eau à faible débit. Une pollution momentanée est souvent moins nuisible qu'une pollution moins importante mais continue.

Le tableau ci-après donne les résultats de l'analyse chimique des échantillons prélevés lors d'une des visites des experts, à une époque où presque toutes les eaux arrivaient sur le second champ d'épandage, c'est-à-dire passaient par toutes les phases du traitement.

SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1902-1903.

L'installation est restée identique à ce qu'elle était en 1901-1902. Après le premier épandage l'eau est encore trouble et putrescible. « Définitivement épurée », elle peut encore subir la fermentation butyrique et dégager une

## INSTALLATION D'OCHTMERSLEBEN. (Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	ASPECT EXTRÉMÉ			Matières en suspension	Matières organiques dissous dans l'eau							
	Dégr. Odeur	Couleur	Degré Opacité									
Eau à la sortie du premier bassin de décantation.		jaune-vert	pu-tride	faible	alcaline	forte	très faible quant.	0	—	—	2776	1612
Eau à la sortie du premier champ d'épandage	»	noirâtre	de bette- rave	»	»	»	»	»	—	—	2554	1498
Eau après premier épandage et chaulage.	»	jaunâtre	d'a- mines	—	faible- ment alcaline	»	»	»	—	—	2360	1323
Eau à la sortie du second champ d'épandage.	pres- que claire	inco- loré	ter- reuse	faible	neutre	assez forte quant.	forte quant.	17	forte quantité	—	2272	1358

forte odeur d'acide sulfhydrique. L'épuration est insuffisante.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1904-1905.

Le procédé Proskowetz a été abandonné.

II. — Procédé Riensch.

Les eaux sont traitées par décantation avec fermentation, puis par deux épandages successifs, avec chaulage et décantation intermédiaires.

1. *Installation de Stendal.*

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1901-1902.

L'eau décantée et fermentée est soumise à un premier épandage, puis aérée par un dispositif spécial à cascades et additionnée automatiquement de lait de chaux. Elle est clarifiée et évacuée ensuite vers un champ (Entkalkungsfeld) en vue de précipiter, au contact de l'air, l'excédent de chaux ; une nouvelle décantation et un second épandage achèvent le traitement.

L'eau épurée a une composition défavorable, car son oxydabilité et sa teneur en substances organiques dissoutes sont encore très élevées ; cependant, son déversement dans le ruisseau voisin ne semble pas présenter d'inconvénients, vu le degré de dilution atteint.

L'aération consécutive au premier épandage paraît n'avoir aucune utilité.

Les frais de premier établissement de l'installation, y compris le prix du terrain, s'élèvent à 125,000 francs. La dépense journalière résultant de la main-d'œuvre et de l'achat du réactif est de 60 francs environ.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1903-1904.

On a constaté qu'en ajoutant aux eaux à épurer les eaux de lavage des toiles des filtres-presses, lesquelles renfer-

ment de l'acide chlorhydrique libre, on diminue l'oxydabilité du mélange; la quantité de permanganate de potassium absorbée tombe de 250 à 190 milligrammes par litre.

Le tableau *B* suivant renferme les résultats de l'analyse chimique de différents échantillons d'eau.

### III. — Procédé Heinold.

Les eaux subissent une décantation avec fermentation, puis un seul épandage suivi d'une clarification au moyen de chaux et de sulfate d'alumine.

#### 1. Installation de Gross-Osterhausen.

SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1901-1902.

Les eaux décantées se rendent dans un bassin de fermentation et de là sur un champ d'épandage de 15,000 mètres carrés de superficie. Après avoir filtré à travers le sol, elles sont additionnées de chaux et de sulfate d'alumine et clarifiées par décantation.

Il résulte de l'analyse des échantillons d'eau prélevés durant les visites des délégués et de la Commission, que l'effluent n'a pas modifié sensiblement la composition du cours d'eau dans lequel il se déverse, à part un léger trouble dû à la précipitation de carbonate de chaux.

Abstraction faite de cet inconvénient, l'efficacité du procédé peut être considérée comme suffisante.

#### 2. Installation d'Helmsdorf.

SECONDE COMMISSION ; CAMPAGNE 1903-1904.

L'installation est semblable à celle de Gross-Osterhausen; toutes deux ont d'ailleurs été construites par la firme A. Paschen, à Cöthen.

Les eaux résiduaires sont divisées en deux groupes, qui quittent la fabrique chacun par une canalisation distincte.

Le premier comprend les eaux de transport et de lavage;

TABLEAU B.

## INSTALLATION DE STENDAL.

(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Température		ASPECT EXTÉRIEUR				Réaction	EAU NON FILTRÉE		EAU FILTRÉE							Oxyda- bilité (en KMnO <sub>4</sub> absorbé)	Sucre	ACIDITÉ ou ALCALINITÉ				
	de l'air	de l'eau	Limpidité	Couleur	Odeur	Dépot		Matières en suspension	Acide sulphy- drique	Résidu à l'évaporation		Azote				Chaux (CaO)	Magné- sie (MgO)						
								Total	Perte au rouge	Total	Perte au rouge	Total	Ammo- niacal	Ni- trique	Nitreux	Organic- que							
Eau à la sortie du dégrossisseur.	+15°	+3,5°	complètement trouble	gris-brun	de betterave	important, terreaux	acide	10494	840	0	3212	1805	72	23	1	0	0	22	446	68	980	réac- tion	Acidité : 304 mgr H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou 558 mgr acide lactique
Eau à la sortie du troisième bassin de décantation.	+12,0°	"	trouble	laiteuse, grise	putride, de betterave	moins important, gris-blanchâtre	faiblement acide	50	14	réac- tion	2965	1718	70	25	0,5	0	0	24,5	451	63	521	faibles traces	Acidité : 39 mgr H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou 72 mgr acide lactique
Eau du premier bassin de fermentation.	+24,5°	"	complètement trouble	gris-blanchâtre	putride, d'acides lactique et butyrique	plus important gris clair	acide	—	—	forte réac- tion	2320	1398	70	32	traces	0	0	32	345	49	1115	"	Acidité : 508 mgr H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou 1044 mgr acide lactique
Eau à l'arrivée sur le premier champ d'épandage.	+11,5°	"	"	laiteuse	faiblement putride, odeur de produits fermentés	moins important gris-blanchâtre	"	—	—	"	2345	1488	70	38	"	0	0	38	323	51	832	"	Acidité : 480 mgr H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou 882 mgr acide lactique
Eau à la sortie du premier champ d'épandage.	+ 6,0°	"	trouble	laiteuse, blanchâtre	odeur de produits fermentés	traces	"	—	—	0	2374	1399	98	28	5	0	0	23	391	51	754	"	Acidité : 98 mgr H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou 180 mgr acide lactique
Eau chaulée, avant passage sur le champ spécial (Entkalkungsfeld).	+ 5,0°	"	fortement opalescente	blanchâtre	odeur d'amines	peu important, floconneux, blanc	alcaline	—	—	0	2718	1587	90	"	3	0	traces	8	578	15	283	0	Alcalinité : 20 mgr CaO
Eau chaulée, après passage sur le champ spécial (Entkalkungsfeld).	+ 4,5°	"	opalescente	presque incolore	faible odeur d'amines	quelques flocons blanchâtres	"	—	—	0	2650	1593	96	10	2	traces	forte réac- tion	8	571	9	217	0	Alcalinité : 14 mgr CaO
Eau à la sortie du deuxième champ d'épandage, après déversement dans le fossé d'évacuation.	"	"	fortement opalescente	jaunâtre	putride, terreuse	traces	faiblement alcaline	—	—	0	2359	1345	100	4	traces	0	0	4	562	21	160	0	
Eau de condensation après passage sur le réfrigérant.	+23,0°	"	complètement trouble	gris-blanchâtre	putride	assez important, gris-noirâtre	"	—	—	traces	—	—	60	—	—	0	0	—	—	—	—	réac- tion	
Eau ammoniacale.	plus de 7,0°	"	claire	incolore	de betterave	0	alcaline	—	—	0	—	—	—	—	58	0	0	—	—	—	—		

le second, les eaux de vidange de la diffusion, les eaux des presses à cossettes et celles provenant du lavage de la fabrique.

Les eaux du premier groupe sont traitées par dégrossissement et décantation et réemployées en partie à la fabrique; le surplus, joint aux eaux du second groupe, est soumis à une fermentation aussi complète que possible; le mélange est ensuite refoulé sur les terres d'épandage, composées de deux champs drainés, utilisés à tour de rôle. L'irrigation est intermittente; durant chaque période de repos, la couche filtrante s'assèche et est pénétrée par l'air, qui est indispensable à la bonne marche de l'épuration par les microbes oxydants. L'eau filtrée est mélangée intimement de lait de chaux et d'une préparation à base d'alumine, puis parcourt des bassins clarificateurs.

Les résultats de l'analyse chimique des échantillons d'eau prélevés lors de la visite des experts sont consignés dans le tableau *C* ci-contre.

On voit que l'installation fonctionne d'une manière satisfaisante. La fermentation des eaux diminue notablement leur teneur en matières organiques, puisque l'oxydabilité, mesurée d'après la quantité de permanganate de potassium absorbée, tombe de 160 à 124 pour les eaux du premier groupe et de 2,206 à 257 pour celles du second; le mélange des eaux des deux groupes a, après épandage, une oxydabilité de 105 et après chaulage une oxydabilité de 82.

A l'époque de la visite de la Commission, les résultats du traitement sont moins satisfaisants.

M. Coste, membre de la Commission, estime que le principe de la séparation des eaux suivant leur provenance est rationnel, mais qu'il est inapplicable lorsque la fabrique n'a à sa disposition que des quantités limitées d'eau fraîche, auquel cas elle doit, par exemple, employer des eaux des presses à cossettes ou de la diffusion. au lavage des racines.

Les représentants de l'industrie sucrière croient qu'une installation semblable à celle examinée pourrait devenir

trop coûteuse pour des fabriques de plus grande importance.

La firme Paschen et M. Giercke, directeur de la fabrique, ont calculé les frais de premier établissement et d'entretien de l'installation.

*Frais de premier établissement.*

Les frais de premier établissement, comprenant le nivellement du sol, l'aménagement des bassins, des champs d'épandage, de la station du traitement chimique, etc., s'élèvent à 37,500 francs environ.

*Frais d'exploitation (par jour).*

*1<sup>o</sup> Main-d'œuvre :*

6 hommes à 2 fr. 50. . . . .	fr.	15.00
------------------------------	-----	-------

*2<sup>o</sup> Réactifs :*

1,500 kilogrammes chaux vive à 31 fr. 25 les		
1,000 kilogrammes (y compris le transport) . .		46.90
3,000 kilogrammes écumes de carbonatation à		
8 fr. 75 les 1,000 kilogrammes. . . . .		26.25
35 kilogrammes préparation à 12 fr. 50 les 1,000		
kilogrammes . . . . .		4 35
<i>3<sup>o</sup> Force motrice . . . . .</i>		<u>27.75</u>
Total . fr.		120.25

*4<sup>o</sup> Intérêt et amortissement des sommes immobilisées :*  
(10 %), soit 3,750 francs, ou par jour, pour une  
campagne de 75 jours, fr.  $\frac{3,750}{75} = 50$  francs. 50.00

Total général . fr. 170.25

On travaille journallement 460,000 kilogrammes de betteraves et on épure 2 mètres cubes par minute, soit 2,880 mètres cubes par 24 heures.

Le coût de l'épuration s'élève donc à  $\frac{170.25}{2,880} = 0$  fr. 059

par mètre cube ou à  $\frac{170.25 \times 1,000}{460,000} = 0 \text{ fr. } 037$  par tonne de betteraves.

A l'installation semblable de Gross-Osterhausen, les frais d'épuration, par tonne de betteraves, se sont élevés à 0.25 fr. durant les campagnes 1900-1901 et 1901-1902.

Il est à remarquer que le terrain est mis gratuitement à la disposition de la sucrerie par un actionnaire qui, en revanche, en dispose en dehors de la campagne sucrière; la fabrique lui abandonne, en outre, toutes les terres et les boues déposées dans les bassins décanteurs. Si l'on suppose, au contraire, que le terrain soit pris en location par la société ou qu'il soit sa propriété, il faut faire intervenir dans les dépenses d'exploitation l'intérêt de la somme engagée ou le montant de la location. Par contre, il faut déduire la somme récupérée par la vente des récoltes ainsi que la valeur de la boue provenant du traitement chimique.

#### SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1905-1906.

La sucrerie d'Helmsdorf n'épure plus ses eaux par le procédé Heinold.

#### E. — RÉINTRODUCTION DES EAUX DE VIDANGE DE LA DIFFUSION ET DES EAUX DES PRESSES A COSSETTES, A LA DIFFUSION. — PROCÉDÉS SPÉCIAUX D'EXTRACTION DU JUS.

Outre des procédés d'épuration des eaux résiduaires, la seconde Commission allemande a examiné également des procédés de diffusion permettant de réintroduire dans la batterie, les eaux résiduaires les plus nocives (eaux de vidange de la diffusion et eaux des presses à cossettes). Elle a étudié, en outre, des méthodes d'extraction du jus, supprimant cette catégorie d'eaux résiduaires.

En ce qui concerne la première classe de procédés, la Commission a examiné, entre autres, ceux de Beutnagel,

de Pfeiffer et de Zscheye. Dans le procédé Beutnagel on réintroduit à la diffusion une partie du mélange des eaux résiduaires produites par tous les postes de la fabrication ; dans les procédés Pfeiffer et Zscheye on ne réintroduit que les eaux provenant du poste de la diffusion ; ces eaux sont réintroduites en totalité.

Dans la seconde classe de procédés (suppression des eaux de diffusion et des presses), la Commission a envisagé les procédés Hyros-Rak et Steffen.

\*  
\* \*

### I. — Procédé Beutnagel.

Les eaux rejetées par les différents postes de la fabrication sont épurées partiellement, puis réemployées *dans la batterie de diffusion*. Malgré l'apport continual d'eau fraîche, il n'y a jamais d'eau en excès sur celle dont on a besoin pour le travail ; le surplus disparaît tout naturellement par infiltration dans la partie non drainée des champs d'épandage, utilisés pour l'épuration partielle des eaux à réemployer.

On ne rejette donc rien dans le cours d'eau voisin.

#### 1. Installation de Nordgermersleben.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1905-1906.

La sucrerie de Nordgermersleben qui traitait anciennement ses eaux par le procédé Proskowetz, emploie, à l'heure actuelle, le procédé Beutnagel. Elle ne rejette qu'exceptionnellement de l'eau résiduaire ; dans ce cas, elle la traite par fermentation et par épandage.

\*  
\* \*

Le principe du procédé imaginé par M. Beutnagel est l'alimentation de la batterie de diffusion au moyen d'eau partiellement épurée. Pour éviter la destruction du sucre

des cossettes par les fermentes que cette eau impure renferme, il est nécessaire d'apporter certaines modifications à la marche de la batterie, qui ne constituent certainement pas un progrès dans la technique sucrière. L'eau acide attaque les machines et les tuyauteries; elle répand une odeur désagréable dans toute la fabrique. Aussi bien, le directeur de la sucrerie n'est pas partisan de l'emploi de ce procédé; il ne l'applique que pour éviter les réclamations des autorités.

## II. — Procédé Pfeiffer.

Le procédé Pfeiffer consiste à rentrer à la diffusion les eaux des presses à cossettes, puis les eaux de vidange des diffuseurs, et enfin, si c'est nécessaire, de l'eau propre. Ces eaux sont réemployées *séparément, non mélangées* et à l'état frais. Les eaux fermentescibles sont au préalable épulpées, puis clarifiées dans une installation *ad hoc*.

### 1. Installation de Schottwitz.

SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1908-1909.

Les eaux de vidange de la diffusion et des presses à cossettes sont totalement réutilisées.

Les eaux de transport, de lavage et de condensation sont déversées dans le cours d'eau voisin. Lors de l'arrêt du dimanche ce dernier reçoit, en outre, les eaux fermentescibles épurées au préalable par épandage.

L'analyse chimique de l'eau du ruisseau, avant et après déversement de l'effluent, est donnée ci-après (page 84).

## III. — Procédé Zscheye.

Les eaux de vidange de la diffusion et des presses à cossettes, *mélangées* à de l'eau froide, sont entièrement reintroduites dans la batterie. La caractéristique du procédé Zscheye est l'absence de toute installation de clarification

INSTALLATION DE SCHOTTWITZ.

(Résultats en milligrammes par litre.)

Nature de l'échantillon	Aspect extérieur de l'eau (46 heures après le prélèvement <sup>t</sup> )			Réaction	Eau non filtrée	Eau filtrée			Oxydabilité (en KMnO <sub>4</sub> absorbé)
	Température de l'eau	Température de l'air	Limpidité			Matières en suspension	Chloro- ure	Nitrage au rouge	
Eau du ruisseau, en amont du point de déversement de l'ef- fluent.	+ 8.6°	+ 14.8°	opalescente	légère- ment jaunâtre	faible	neutre	—	0	56
Eau du ruisseau, en aval du point de déversement de l'ef- fluent.	+ 10.2°	+ 14.8°	opalescente	de betterave	inodore	plus important	—	0	62

ou de décantation des eaux d'alimentation de la diffusion. Elles sont simplement épulées avant réemploi, alors que dans le procédé Pfeiffer, elles doivent passer, après épulage, par une installation de clarification assez compliquée.

### 1. *Installation de Biendorf.*

#### SECONDE COMMISSION; CAMPAGNE 1910-1911.

Les eaux provenant de la diffusion sont totalement réemployées. L'excédent d'eau du transport hydraulique et du condenseur barométrique passe dans un champ entouré de digues, où il se refroidit, puis se déverse dans le cours d'eau. Celui-ci, déjà fortement pollué en amont de la fabrique, l'est plus encore en aval du point de déversement; à cet endroit, il est trouble, répand une odeur putride, renferme de l'acide sulphydrique en forte proportion et de l'acide lactique (voir tableau page 86).

M. Wagner, membre de la Commission, considère le procédé d'épandage comme le plus efficace et estime qu'on ne peut forcer les sucreries à employer un procédé de réintroduction des eaux à la diffusion.

M. Abel, président de la Commission, déclare qu'il ne peut être question de traiter toutes les fabriques sur le même pied en ce qui concerne l'épuration des eaux qu'elles rejettent; il faut plutôt envisager chaque cas en particulier.

#### IV. — Procédé de diffusion à pression continue Hyros-Rak.

La diffusion s'effectue dans des vases verticaux ou diffuseurs, placés côte à côte et dont chacun communique directement avec le suivant. La cossette, mise en mouvement par des hélices, circule lentement dans toute la série de vases et est épuisée méthodiquement par l'eau se déplaçant en sens inverse; elle est pressée en sortant du dernier diffuseur. Dans ce procédé de diffusion à pression continue, on ne rejette aucune eau résiduaire, cette der-

INSTALLATION DE BIENDORF.  
(Résultats en milligrammes par litre.)

Nature de l'échantillon	Aspect extérieur		Eau filtrée		Aspect extérieur de l'eau conservée à l'abri de l'air et de la lumière pendant 10 jours, à la température de 22°, dans un flacon bouché.	
	Odeur	Couleur	Chloro-	Azote	Sucre	Oxydabilité en $K_2Cr_2O_7$ absorbée
Eau résiduaire de la sucrerie.	forte réaction	Acide sulfhydrylique	Total Nitrique Ammonia-	Organique calcaire	traces	158
Eau du ruisseau, en amont du point de déversement de l'effluent.	forte réaction	Acide sulfhydrylique	Nitreux Nitrique	Organique calcaire	réaction nette	117
Eau du ruisseau, en aval du point de déversement de l'effluent.	forte réaction	Acide sulfhydrylique	Ammonia-	Organique calcaire	traces	142

nière étant, au moment même de sa production, refoulée dans l'appareil par l'eau fraîche.

#### V. — Procédé d'échaudage ou d'ebouillantage Steffen.

Les betteraves découpées en rondelles sont mises en contact avec du jus obtenu précédemment et porté à une température voisine de 100°; elles lui abandonnent une partie de leur sucre; le jus obtenu de cette manière est séparé des cossettes par pressage. Ce procédé ne donne naissance à aucune eau résiduaire (1).

### AUTRICHE-HONGRIE.

#### A. — PROCÉDÉ MÉCANIQUE.

Il n'est pas à notre connaissance que des expériences d'épuration purement mécanique aient été effectuées en Autriche-Hongrie.

#### B. — PROCÉDÉS CHIMIQUES.

##### I. — Procédé à la chaux.

###### 1. Installation de Bruck-sur-Leitha.

D'après MM. Scheuer et Oleszkiewicz, ingénieurs à la sucrerie de Bruck-sur-Leitha, les eaux résiduaires de cette fabrique sont divisées en deux groupes traités séparément; le premier est composé des eaux de lavage de l'acide carbonique et des eaux boueuses; le second comprend les eaux fermentescibles.

(1) Le procédé d'échaudage n'extrait, intentionnellement, qu'une petite quantité du sucre renfermé dans de la betterave; le reste demeure dans la pulpe, qui, après dessiccation, constitue un fourrage sucré de plus grande valeur que les cossettes épuisées par diffusion ordinaire.

Dans la suite, Steffen a modifié son procédé; en vue d'arriver à une extraction du sucre plus complète, il combine l'échaudage avec la diffusion ordinaire (système d'Elsdorf, employé à Tirlemont). Les racines transformées en cossettes, puis, traitées par échaudage, vont ensuite dans une batterie de diffusion où se termine l'épuisement. Ce procédé donne de nouveau lieu à des eaux résiduaires.

Les eaux du premier groupe sont soigneusement dégrassées et décantées.

Les eaux fermentescibles sont épulpées puis refoulées par une pompe centrifuge vers une installation où elles fermentent et où elles sont additionnées de lait de chaux ; après décantation, elles sont réunies aux eaux clarifiées du premier groupe pour être évacuées ensemble.

Le tableau suivant donne les résultats de l'analyse d'échantillons d'eau de la Leitha, prélevés à 20 mètres en amont et à 20 mètres ainsi qu'à 1 kilomètre en aval du débouché de l'effluent.

INSTALLATION DE BRUCK-SUR-LEITHA

(Résultats en milligrammes par litre.)

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Matières sèches à 170°	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Ammoniaque	Chlore	Acide nitreux	Acide nitrique	Matières organiques (en KMnO <sub>4</sub> absorbé)
Eau de la Leitha, à 20 m. en amont du point de dé- versement de l'ef- fluent.	286	248	38	traces	8.2	traces	traces	9.2
Eau de la Leitha, à 20 m. en aval du point de dé- versement de l'ef- fluent.	289.2	253.2	36	traces	5.3	traces	traces	11.4
Eau de la Leitha, à 1 km. en aval du point de dé- versement de l'ef- fluent.	283.6	247	36.6	traces	4.6	traces	traces	10

De cette analyse, il faut conclure que l'effluent ne modifie qu'insensiblement la composition du cours d'eau.

Il est à noter qu'à environ 7 à 8 kilomètres en aval de la fabrique, l'eau de la Leitha est utilisée comme eau d'usage et même de consommation par les habitants de trois localités.

## II. — Procédé Hoyermann-Wellensiek

Le procédé Hoyermann-Wellensiek, basé sur l'emploi de chaux et d'une préparation appelée humine, est le dernier en date des procédés chimiques. Il a pris une rapide extension et est employé dans bon nombre de sucreries d'Allemagne et d'Autriche-Hongrie. Nous allons décrire un certain nombre d'installations en fonctionnement dans ce dernier pays; afin de ne pas scinder notre exposé, nous parlerons, dans le même paragraphe, des essais auxquels le procédé a donné lieu en Allemagne.

Le principe du procédé est le suivant : Si l'on traite de la tourbe, ou mieux, du lignite, par une solution de soude caustique, de silicate de potasse ou de tout autre produit à réaction fortement alcaline, on obtient une masse brun-noirâtre de matières humiques, se délayant facilement dans l'eau, et qui a été appelée *humine*. Quand on ajoute de l'*humine* à l'eau à épurer, jusqu'à coloration faiblement brunâtre, les matières humiques se répartissent dans toute la masse liquide sous forme de particules extrêmement ténues, à l'état colloidal. Elle ne sont donc pas à proprement parler dissoutes; on se trouve plutôt en présence d'une pseudo-solution. En ajoutant ensuite de la chaux, les matières humiques se séparent du liquide qui les renferme et se rassemblent en gros flocons qui entraînent les matières en suspension. En vertu du pouvoir absorbant de la matière humique, les flocons fixent, en outre, les matières organiques colloïdales, telles que les matières albuminoïdes. Les bactéries et autres infiniments petits sont également enrobés.

Au lieu de chaux, on peut employer du chlorure de calcium ou de magnésium, du sulfate d'aluminium ou un acide minéral : acide sulfurique, ou acide silicique sous forme de kieselguhr.

### 1. Installation de Woinowitz (Allemagne).

Anciennement, toutes les eaux résiduaires étaient chaulées puis décantées. Elles subissaient une modification profonde dans les bassins, se coloraient en noir et dégageaient une forte odeur d'acide sulfhydrique. L'épandage n'étant pas praticable, la direction de la fabrique se décida à employer le procédé Hoyermann-Wellensiek.

Les eaux de la diffusion et des presses, épulpées, sont additionnées continuellement d'une solution d'humine. Pour un travail journalier de 450,000 kilogrammes de betteraves, il faut de 125 à 150 kilogrammes de préparation ; l'eau ainsi traitée est mélangée aux eaux de transport et de lavage fortement chaulées. L'ensemble se rend dans les bassins de dépôt. L'effluent, clair et inodore, est envoyé directement dans le cours d'eau.

L'analyse des échantillons d'eau prélevés en amont et en aval du point de déversement, donne les résultats suivants :

#### INSTALLATION DE WOINOWITZ.

(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE de l'échantillon	Eau non filtrée			Eau filtrée			
	Résidu à l'évaporation	Résidu à la calcination	Réaction	Ammoniaque	Acide nitreux	Acide nitrique	Chlore
Eau du ruisseau, en amont de la fabrique.	330	212	neutre	0	0	1.8	17.5
Eau du ruisseau, à 1 kilomètre en aval du point de déversement.	382	252	neutre	0	traces	0.34	19.0

On a constaté que la protéine avait disparu dans l'eau épurée. Le directeur de la fabrique est très partisan de l'emploi de ce procédé.

## 2. Installation de Gestühof (Autriche-Hongrie).

Jusqu'en 1910, les eaux résiduaires réunies étaient traitées par chaulage et décantation. L'effluent avait une composition des plus défavorables. On épure actuellement au moyen d'humine et de chaux. Le liquide additionné des réactifs s'en va ensuite à la décantation; le précipité se dépose rapidement; l'eau décantée est limpide et légèrement brunâtre; elle a une alcalinité de 0.02 à 0.03 p. c.

M. Freese, collaborateur de M. Wellensiek, a analysé l'eau résiduaire brute et l'eau, à l'entrée des bassins de décantation, après addition d'humine et de chaux. Le tableau ci-après résume les résultats de l'analyse :

INSTALLATION DE GESTÜHOF  
(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Résidu à l'évaporation	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Protéine
Eau résiduaire brute.	9932	8796	1136	87.5
Eau résiduaire, après addition d'humine et de chaux, à l'en- trée dans les fosses de décantation.	720	262	458	—

Pour l'emploi du procédé, il n'y a pas de prime de brevet; l'humine prise à Würzbourg, près de Hanovre, revient à environ 11 fr. 25 les 100 kilogrammes. Le prix du transport jusqu'en Bohême est de 2 à 3 francs les 100 kilogrammes. On n'a pas à faire intervenir le prix du lait de chaux, celui-ci étant préparé au moyen de résidus sans utilité.

Le directeur de la fabrique considère ce procédé comme efficace.

### 3. Installation de Dobrowitz (Autriche-Hongrie).

Les eaux à épurer sont un mélange d'eaux de sucrerie-raffinerie, de brasserie, de malterie et d'égout.

M. Roubinek, chef-chimiste de la sucrerie, a analysé les eaux avant et après épuration. Il a obtenu les résultats suivants :

INSTALLATION DE DOBROWITZ  
(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Matières en suspension		Résidu à l'évaporation	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Matières organiques (en $\text{KMnO}_4$ absorbé)	Réaction
	Organiques	Inorganiques					
Eau avant épura- tion.	372	956	3457	2183	1274	602	neutre
Eau après épuration par l'humine et la chaux.	18	22	1740	1395	345	219	alcaline (28 mgr $\text{CaO}$ )

La boue déposée est riche en azote et constitue un bon engrais.

Le procédé est assez coûteux : on emploie, par vingt-quatre heures, de 200 à 300 kilogrammes d'humine coûtant près de 16 francs les 100 kilogrammes, transport compris. Aussi M. Roubinek a-t-il essayé de remplacer l'humine par une argile spéciale. Les résultats des essais de laboratoire comparatifs sont condensés dans le tableau qui suit.

On voit que l'oxydabilité et l'élimination des matières en suspension sont sensiblement les mêmes dans les deux cas, mais pour rendre l'eau inodore il est nécessaire d'employer de l'humine.

### INSTALLATION DE DOBROWITZ

(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Matières en suspension		Résidu à l'évaporation	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Matières organiques (en KMnO <sub>4</sub> absorbé)	Réaction
	Orga-niques	Inorga-niques					
Eau avant épura-tion.	320	757	3087	2187	900	542	neutre
Eau épurée au moyen d'humine et de chaux.	23	24	1062	769	293	199	alcaline (23 mgr. CaO)
Eau épurée au moyen d'argile et de chaux.	20	26	1164	792	372	203	alcaline (28 mgr. CaO)

#### 4. Installation de Kopidlno (Autriche-Hongrie).

L'installation Hoyermann-Wellensiek fonctionne de la manière ordinaire. L'eau clarifiée est réutilisée. Elle ne répand plus qu'une faible odeur. Le procédé est coûteux; on emploie, par jour, 150 kilogrammes d'humine à 18 francs les 100 kilogrammes, port et frais de douane compris; l'épuration revient à 35 francs par jour. Le directeur de la fabrique déclare que le procédé Hoyermann-Wellensiek est le meilleur de ceux actuellement en usage. Son seul inconvénient est son prix élevé.

#### 5. Installation d'Eilenstedt (Allemagne).

D'après le directeur de la fabrique, l'odeur de l'eau traitée par le procédé Hoyermann-Wellensiek a fortement diminué, mais on n'a pas pu constater une réduction de la teneur en matières organiques.

## 6. *Installations de Pecek et de Dobrowitz* *(Autriche-Hongrie).*

L'Association sucrière de Bohême a chargé la station expérimentale de Prague d'étudier le procédé à l'humine.

On a constaté par des recherches de laboratoire que, soit par simple filtration mécanique, soit par l'emploi exclusif de chaux, on obtenait une clarification, c'est-à-dire une élimination des matières en suspension, aussi satisfaisante qu'au moyen d'humine et de chaux. Par la chaux seule, tout comme par le procédé Hoyermann-Wellensiek, on a réussi à enlever à l'eau la même quantité de matières organiques, mais, dans les deux cas, cette élimination a affecté uniquement les matières organiques en suspension.

Des recherches en grand, faites à Pecek et à Dobrowitz, en novembre 1912, ont conduit sensiblement aux mêmes résultats.

En résumé, ces expériences prouvent que les résultats du traitement à l'humine et à la chaux ne diffèrent pas sensiblement de ceux obtenus au moyen de la chaux seule.

## 7. *Installation de Rethen (Allemagne).*

Pour clore cette série de renseignements contradictoires relativement au degré d'efficacité du procédé Hoyermann-Wellensiek, mentionnons que ce dernier a été examiné à Rethen, en décembre 1912, par la Commission officielle allemande. Le rapport sur les travaux de la Commission, durant la campagne 1912, ne nous est pas encore parvenu.

Au cours de la discussion qui suivit la visite de l'installation, plusieurs membres exprimèrent, paraît-il, leur peu de confiance dans l'efficacité de ce procédé. On fit remarquer que les essais entrepris jusqu'à présent n'avaient pas donné de résultats satisfaisants et qu'il fallait éviter autant que possible, dans l'intérêt de la faune aquatique, l'emploi de procédés mettant en œuvre des réactifs chimiques. On fit des expériences de sédimentation au moyen d'humine et

de chaux, au moyen de chaux seule et enfin sans réactif. Aucune de ces trois méthodes ne réussit à clarifier l'eau trouble.

### C. — PROCÉDÉ BIOLOGIQUE.

#### 1. *Installation de Leopoldsdorf.*

Les eaux de transport et de lavage sont clarifiées dans cinq bassins, puis réemployées au transport.

Les eaux de la diffusion et des presses sont épurées par deux passages successifs sur des lits bactériens; l'effluent des lits et l'excédent d'eau clarifiée se rendent ensemble dans le cours d'eau voisin.

#### CAMPAGNE 1903-1904.

Les analyses effectuées à différentes époques de la campagne aboutissent toutes au même résultat : après le second contact, l'eau est trouble; sa réaction acide s'est accentuée durant le passage sur les lits par suite de la fermentation du sucre et des autres substances hydrocarbonées; elle dégage une forte odeur d'acide sulfhydrique, provenant de la réduction des sulfates par les germes de la fermentation; cependant, l'oxydabilité tombe, suivant les époques, de 69 p. c. à 81.4 p. c.

Nous donnons, dans le tableau suivant, l'analyse de divers échantillons d'eau prélevés vers la fin de la campagne 1903-1904.

On voit, entre autres, que l'oxydabilité de l'eau décantée est plus que le double de celle de l'eau traitée sur les lits bactériens; à l'inverse du second, le premier échantillon renferme encore du sucre. L'eau évacuée est très pauvre en oxygène ( $0^{cm^3}39$  par litre); aussi, son déversement dans le cours d'eau fait-il tomber la teneur en oxygène de ce dernier, de  $8^{cm^3}63$  en amont, à  $5^{cm^3}60$  à 350 mètres en aval; à 1,200 mètres, cette teneur est remontée à  $7^{cm^3}01$ .

La pollution du cours d'eau est due uniquement aux

INSTALLATION DE LÉOPOLSDORF.  
(Résultats en milligrammes par litre.)

NATURE de l'échantillon	Tempé- rature	Aspect et odeur	Réaction	Résidu à la l'évaporat.	Résidu à la calcination	Perte au rouge	Azote	Matières organiques (oxydabilité)	Oxygène dissous
Effluent des lits bactériens.	non filtré filtré	+ 15.5°	trouble, faible odeur acide sulphydryq.	1269.0 1082.2	582.5 553.5	686.5 528.5	21 21	0 171.5	0
	non filtré filtré	+ 17°	trouble, faible odeur de betterave	861.5 634.6	530.5 338.6	331 296.1	11.2 8.4	— 405.5	—
Eaux épuriées réunies.	non filtrées filtrées	+ 16.5°	trouble, faible odeur de betterave	917.5 611.5	587.5 337.5	330 274	10.5 7.7	— 510	0.56 mgr. ou 0.39 cm³
	non filtrée filtrée	+ 4°	claire neutre	— 484	— 398.5	— 85.5	— 1	— 4.9	12.4 mgr. ou 8.68 cm³
Eau du ruisseau, en amont du point de déversement de l'effluent.	non filtrée filtrée	+ 5°	légerement trouble, faible odeur de betterave	745 540.5	512 320	232.5 220.5	5.6 —	132 —	8 mgr. ou 5.6 cm³
Eau du ruisseau, à 350 m. en aval du point de déversement de l'effluent.	non filtrée filtrée	+ 4.5°	légère- ment trouble	— 487	— 317.5	— 169.5	— 4.9	74.7 —	10 mgr. ou 7.01 cm³

eaux décantées; les eaux traitées biologiquement sont presque sans action sur ce dernier.

Les frais de premier établissement et d'exploitation annuels de l'installation biologique et de l'installation de clarification, sont donnés ci-après :

a) *Installation biologique* :

Les *frais de premier établissement de l'installation biologique* s'élèvent à 63,000 francs.

Les *frais d'exploitation annuels* se décomposent comme suit :

1° <i>Remise en état des lits après chaque campagne</i> :	
transport du coke ou du mâchefer destinés à remplacer les matériaux dissous pendant le fonctionnement des lits . . . . .	fr. 1,300
lavage et rinçage des lits . . . . .	2,440
2° <i>Main-d'œuvre</i> : 3 hommes par jour pendant 100 jours . . . . .	660
Total. . . . .	4,400

Durant une campagne de 100 jours, l'installation traite 190,000 mètres cubes.

L'épuration biologique d'un mètre cube d'eau revient donc à  $\frac{4,400}{190,000} = 0.023$  fr., non compris l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

b) *Installation de clarification*.

*Frais de premier établissement* des cinq bassins décanteurs : 21,000 francs.

*Frais d'exploitation annuels* : vidange d'un bassin par semaine, 2,410 francs.

En résumé, l'installation complète de traitement des

eaux résiduaires a coûté 63,000 francs (lits bactériens) + 21,000 francs (bassins décanteurs) = 84,000 francs.

Les frais d'exploitation annuels (non compris l'intérêt et l'amortissement des sommes engagées) s'élèvent à 4,400 francs (lits bactériens) + 2,410 francs (bassins décanteurs) = 6,810 francs.

Les frais de premier établissement sont très élevés, eu égard aux dimensions de l'installation (3,100 mètres carrés de superficie et 3,850 mètres cubes de capacité utile). Ce fait est dû à des circonstances locales défavorables.

La direction de la fabrique avait d'abord projeté l'épuration de toutes les eaux au moyen de lait de chaux. L'installation de clarification aurait dû être au moins double de celle qui existe actuellement et aurait nécessité un débours de 42,000 francs. Il aurait fallu employer, par campagne de 100 jours, 3,000 mètres cubes de chaux, à 2 fr. 10 le mètre cube, c'est-à-dire dépenser une somme de  $2.10 \times 30 \times 100 = 6,300$  francs, rien que du chef de l'achat du réactif; les frais d'exploitation auraient certainement été plus élevés que ceux nécessités par l'installation actuelle.

Le traitement biologique des eaux résiduaires les plus dangereuses, combiné à la clarification des eaux moins nocives, est donc plus économique que le traitement de toutes les eaux au lait de chaux, traitement que l'on s'accorde à reconnaître inefficace.

MM. Kaup et Adam, qui ont étudié le fonctionnement de l'installation de Leopoldsdorf, estiment que dans le traitement des eaux résiduaires de sucreries, il s'agit essentiellement de provoquer la fermentation des substances hydrocarbonées; dans ce but, au lieu de faire séjourner les eaux dans de grands bassins de fermentation, il est préférable d'employer des lits de scories ou de coke en morceaux de faible dimension, permettant la saturation immédiate des acides organiques produits par la fermentation.

Mentionnons en regard de cette affirmation que les essais d'épuration biologique effectués dans les sucreries fran-

çaises de Pont-d'Ardres et de Marquillies, ont montré que dans le traitement biologique des eaux résiduaires de sucreries il faut, avant tout, supprimer la fermentation des eaux en fosse septique, laquelle fermentation donne naissance à des acides lactique et butyrique qui paralysent l'action désintégrante des bactéries peuplant les lits.

## FRANCE

### A. — PROCÉDÉ MÉCANIQUE

Nous n'avons pas trouvé trace, dans les documents qui nous ont servi pour la rédaction de ce paragraphe, d'essais d'épuration mécanique.

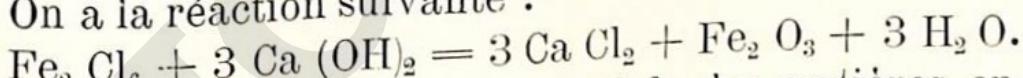
### B. — PROCÉDÉ CHIMIQUE

#### I. — Procédé Gaillet et Huet.

##### 1. Installation de Flavy-le-Martel.

Les eaux à épurer sont additionnées d'une solution de perchlorure de fer; après mélange intime on y fait couler du lait de chaux.

On a la réaction suivante :



Le précipité d'oxyde de fer englobe les matières en suspension; la masse d'eau surnageante est clarifiée.

Du chef de la main-d'œuvre et de l'achat des réactifs, le traitement d'un mètre cube d'eau revient à 0.04 fr.

### C. — PROCÉDÉ BIOLOGIQUE

Des expériences d'épuration biologique par lits bactériens ont été faites à la sucrerie de Pont-d'Ardres (Pas-de-Calais), avec le concours de M. Calmette, par M. Vié, ingénieur. Des essais semblables ont été effectués par M. Barrois-Brame, fabricant de sucre, à Marquillies (Nord).

### *1. Installation de Pont-d'Ardres.*

#### CAMPAGNES 1902, 1903 et 1904.

Les essais d'épuration par lits bactériens, effectués de 1902 à 1904 à la sucrerie de Pont-d'Ardres, portèrent sur un volume journalier de 350 mètres cubes d'eaux de la diffusion et des presses, diluées avec des eaux de lavage des betteraves. Les eaux furent traitées par trois contacts, c'est-à-dire passèrent successivement sur trois lits bactériens. L'épuration moyenne, calculée d'après l'oxydabilité, fut de 89.8 p. c. et, d'après la perte au rouge, de 77.3 p. c.; l'eau épurée avait perdu presque complètement l'odeur caractéristique de la betterave; elle était imputrescible et pouvait être déversée dans un cours d'eau d'un débit égal à quatre ou cinq fois le volume rejeté.

### *2. Installation de Marquillies.*

#### CAMPAGNES 1903 et 1904.

Des essais d'épuration effectués à la sucrerie de Marquillies pendant les campagnes 1903 et 1904, conduisirent à des résultats aussi favorables.

En 1903, l'épuration calculée d'après la perte au rouge fut de 76.6 p. c. après trois contacts successifs.

En 1904, en soumettant à deux contacts seulement de l'eau de diffusion diluée avec une quantité à peu près égale d'eau de lavage des betteraves, le taux d'épuration obtenu fut de 83.9 p. c.

Durant ces deux campagnes, on procéda également à des essais d'épuration d'eaux de diffusion et de presses, décantées après mélange avec les écumes de défécation.

Les eaux décantées étaient débarrassées des matières en suspension mais renfermaient encore assez bien de matières organiques en solution, notamment 3 gr. 20 de sucre par litre et ne pouvaient, par suite, être déver-

sées telles quelles dans les cours d'eau. On reconnut qu'il fallait au préalable les diluer avec de l'eau de lavage des racines et faire passer le mélange sur deux lits bactériens.

### CAMPAGNE 1905.

L'installation d'épuration par lits à double contact des eaux décantées après addition des écumes, a été visitée durant la campagne 1905 par MM. Bauvin et Vuafart, délégués par M. le Préfet du Pas-de-Calais.

Les résultats de l'analyse des échantillons d'eau prélevés lors de cette visite, sont condensés dans le tableau suivant.

#### INSTALLATION DE MARQUILLIES

(Résultats en milligrammes par litre).

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Aspect	Odeur	Réaction	Sels minéraux	Matières organiques (par calcination)	Oxydabilité	Azote	
							Ammo-niacal	Nitrique
Eau au sortir de la fabrique.	pulpe en suspension	de sucrerie	neutre	475	1635	768	37	0
Eau à l'arrivée sur les lits de premier contact (après décantation et dilution).	trouble, léger dépôt	un peu putride et butyrique	acide	845	2115	818	20	0
Eau sortant des lits de second contact.	louche	un peu putride	très légèrement acide	1045	1020	446	5	0

Ces résultats sont loin d'être favorables; la diminution de la teneur en matières organiques n'est que de 52 p. c. d'après le dosage par perte au rouge et de 46 p. c. d'après l'oxydabilité.

L'eau est encore chargée de matières organiques; conservée en flacon bouché, elle s'altère avec dégagement

d'acide sulfhydrique; abandonnée à l'air, elle noircit, donne naissance à un dépôt foncé et exhale une odeur putride.

\* \* \*

A la suite des expériences de Pont-d'Ardres et de Marquillies, M. Calmette a été amené à remplacer les lits à double ou triple contact par des lits à contact unique et à fonctionnement intermittent et automatique, et à préconiser l'épuration des eaux telles quelles, non mélangées aux écumes.

Les eaux de diffusion et de presses, épulpées, sont mélangées à 75 à 100 p. c. d'eaux de transport et de lavage décantées. Le mélange arrive par une goulotte qui le répartit dans des bacs distributeurs, munis chacun d'un siphon d'écoulement à décharge intermittente. Le lit, qui est alimenté automatiquement, est unique; il a une hauteur (2 mètres) double de celle des lits de Marquillies et est constitué de scories criblées dont la grosseur va en diminuant à mesure qu'on se rapproche de la surface. Le fond est drainé au moyen de pannes faîtières.

\* \* \*

Une Commission chargée, en 1904, de renseigner le Conseil départemental d'hygiène du Nord sur les résultats obtenus en ce qui concerne l'épuration des eaux résiduaires de sucreries, conclut, en se basant sur les expériences de Pont-d'Ardres et de Marquillies, qu'il est possible d'épurer convenablement et pratiquement les eaux résiduaires putrescibles (eaux de presses, eaux de diffusion, eaux ayant servi plusieurs fois dans les transporteurs hydrauliques) en adoptant :

- 1° Soit l'irrigation agricole;
- 2° Soit le procédé des lits bactériens à triple contact;
- 3° Soit le procédé des lits bactériens à double contact, après décantation avec les écumes et dilution des eaux à épurer.

La Commission remarque qu'elle ne peut porter un jugement définitif sur ce dernier procédé, celui-ci n'ayant pas encore été appliqué sur une assez vaste échelle.

Dans la pratique de l'épuration bactérienne, il faut veiller à débarrasser les eaux de la pulpe folle et des radicelles, avant de les conduire sur les lits; de plus, il faut éviter de les faire séjourner trop longtemps dans les bassins de décantation, afin d'éviter la formation d'acide butyrique qui paralyse l'action épurante des lits bactériens.

\* \* \*

A la suite de ce rapport, et d'accord avec le Conseil départemental d'hygiène du Nord, M. le Préfet de ce département a vivement recommandé l'emploi de l'épuration bactérienne aux fabricants de sucre de la région (1).

\* \* \*

M. Pellet, qui a suivi les essais de Pont-d'Ardres, ne partage pas l'optimisme de la Commission; il remarque que l'eau, après passage sur les trois lits bactériens, est très chargée de fer et de chaux solubilisés à la faveur de l'acide carbonique produit pendant le travail des bactéries; son

---

(1) Voici un extrait de la lettre adressée par M. le Préfet du Nord, en date du 27 mai 1905, aux fabricants de sucre :

« La loi oblige les industriels à ne rejeter dans les cours d'eau que des eaux épurées, et le service de la navigation comme le service de la salubrité ont pour mission de faire observer la loi et de poursuivre les contrevenants.

» Tant qu'aucun procédé simple et peu coûteux n'était à la disposition des fabricants de sucre, les services ont montré envers eux une certaine indulgence.

» Mais, il est aujourd'hui surabondamment démontré que ces procédés simples et peu onéreux existent et l'expérience montre qu'ils donnent les meilleurs résultats.

» Aussi, et tout en laissant aux fabricants de sucre toute liberté sur les moyens à mettre en œuvre pour éviter la contamination des cours d'eau, serais-je disposé à me montrer plus sévère envers ceux qui continueraient à commettre des abus facilement évitables.

» Je ne puis que vous engager très vivement à faire étudier les bassins qui fonctionnent à Pont-d'Ardres et à Marquillies; vous serez rapidement convaincu et disposé, j'en suis certain, à adopter un procédé qui vous mettra à l'abri de reproches justifiés qui vous étaient antérieurement adressés. »

degré hydrotimétrique passe, durant le traitement, de 25 à 70 en moyenne; conservée pendant plusieurs jours à la température de 25 degrés, elle noircit et répand l'odeur de l'acide sulfhydrique. Aussi, malgré le taux élevé de l'épuration obtenue après trois années d'essais, la sucrerie de Pont-d'Ardres n'a-t-elle pas été autorisée par l'Administration des Ponts et Chaussées à déverser ses eaux dans les cours d'eau de la région, notamment dans le cours d'eau 1777, d'un faible débit. Quant aux résultats du fonctionnement de l'installation de Marquillies, durant la campagne 1905-1906, ils sont nettement défavorables et ne militent pas en faveur du procédé.

\* \* \*

Enfin, dans un mémoire primé en 1911 par la *Société Générale des Fabricants de Sucre de Belgique* et intitulé : *Quels sont les meilleurs moyens pratiques d'épurer et d'utiliser les eaux résiduaires des sucreries*, MM. De Vos et Van der Heyden s'expriment comme suit :

« La conduite du procédé est délicate; une erreur d'un moment peut compromettre les résultats pendant un temps assez long. La superficie nécessaire pour l'établissement de l'épuration biologique, sans être considérable, est encore assez conséquente. Abstraction faite de la difficulté qu'il y a à établir un lit bactérien parfait, l'installation complète revient à un prix trop élevé. Les applications du procédé biologique en sucrerie ne sont pas assez nombreuses pour pouvoir se prononcer nettement en sa défaveur, puisqu'il est probable que l'on y apportera encore des améliorations; toutefois, nous ne pensons pas que le procédé biologique pourra résoudre la question d'épuration des eaux résiduaires de sucrerie. »

## ITALIE.

M. Silvio Borgarelli, ingénieur à l'inspection du travail pour le district de Bologne, a publié, il y a quelques années,

SITUATION GÉOGRAPHIQUE de la sucrerie.	PROCÉDÉ D'ÉPURATION EMPLOYÉ.	OBSERVATIONS.
Granaiolo . . .	Aucune épuration.	Les eaux sont déversées dans le torrent « Elsa »
Senigallia . . . Naples . . .	Dégrossissage. "	— —
Spinetta . . . Savigliano . . . Foligno . . . Rieti . . . Classe . . . Montepulciano . . . Vicenza . . . San Vito. . . Avezzano . . . Imola. . .	Décantation. " " " " " " " " " "	— — — — — — — — — —
Ferrare (I) . . . Ferrare (II). . . Codicoro . . . Forli . . . Bazzano . . . Cologna . . . San Bonifacio . . . Bologne . . .	Dégrossissage, traitement chimique et décantation. " " " " " " " "	Les eaux sont déversées dans le « Po di Valono ». " " " " " " " "
Piacenza . . . Ficarolo. . . Ostiglia . . . Pontelagoscuro . . . Canavella . . . Legnago. . . Massalombardo	Dégrossissage, accompagné ou non de décantation avec ou sans chaulage " " " " " " "	Les eaux sont déversées dans le « Po » — — — — — — —
Lendinara . . .	Dégrossissage et décantation des eaux de transport et de lavage. Refroidissement, au moyen d'eau fraîche, des eaux de condensation. Epandage : infiltration dans le sol et évaporation des petites eaux de la diffusion et des eaux des presses à cossettes.	—
Cesena . . .	Dégrossissage et décantation des eaux de transport et de lavage. Epulpage et épandage sur des champs drainés, des petites eaux de la diffusion et des eaux des presses à cossettes.	Une moitié des eaux de la diffusion et des presses est réemployée à la diffusion après épulpage. Les eaux drainées sont déversées dans le torrent « Savio ».

une étude sur les procédés d'épuration des eaux résiduaires des sucreries italiennes.

Après avoir examiné l'état de la question, il mentionne les diverses méthodes qui se partagent la faveur des industriels italiens ainsi que les établissements où elles sont mises en œuvre. Nous avons condensé ces renseignements dans le tableau ci-dessus.

A. — PROCÉDÉS MÉCANIQUES,  
CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES. — ESSAIS DE M. RUATA.

1. *Installation de Bologne.*

M. Ruata, professeur à l'École polytechnique de Bologne, a décrit, dans une brochure parue récemment (1), les recherches approfondies auxquelles il s'est livré, durant la campagne 1912, en vue d'étudier l'influence des eaux résiduaires de la sucrerie de Bologne sur le canal « Navile ».

Nous n'entrerons pas dans le détail des résultats obtenus; de l'étude de M. Ruata semble se dégager la conclusion que l'effluent de la sucrerie n'a pas modifié sensiblement la composition du canal et qu'en tout cas on ne peut rendre l'établissement industriel visé seul responsable des dommages dont se plaignent les riverains de cette voie hydraulique.

M. Ruata a recherché quels étaient les moyens propres à améliorer les eaux de la diffusion et des presses, avant leur rejet. Il a envisagé successivement la *décantation*, la *filtration*, l'*épuration chimique* et l'*épuration biologique artificielle ou naturelle*.

DÉCANTATION. — Un mélange d'eau de diffusion et de presses, laissé au repos pendant quatre jours, se couvre d'écume et donne naissance à un dépôt ayant une odeur bien distincte d'acide butyrique. Le liquide, compris entre

---

(1) GUIDO Q. RUATA. *Il canale Navile e le acque residue dello zuccherificio di Bologna.* Bologne, 1913.

INSTALLATION DE BOLOGNE.

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	Matières organiques %.			OBSERVATIONS
	Totalles	Dissoutes	En suspension	
Eau résiduaire (eaux de diffusion et de presses, épulées).	3.02 à 4.40	2.36 à 3.20	0.66 à 1.20	—
Après 1 jour de décantation	3.05	2.15	0.90	L'eau est trouble et inodore.
Eau traitée par décantation simple	2 jours      »      3      »      4      »	2.17      1.65      1.35	1.72      1.56      1.35	L'eau est opalescente et inodore. Le dépôt a une odeur d'acide butyrique. » »
Après 1 jour de décantation	3.25	2.37	0.88	—
Eau traitée par décantation avec addition de goudron	2 jours      »      3      »      4      »      5      »	2.05      1.70	1.83      1.70	0.12 traces L'eau est opalescente et inodore. Le dépôt ne dégage pas l'odeur d'acide butyrique. » L'eau est presque claire et inodore. Le dépôt ne dégage pas l'odeur d'acide butyrique. L'eau est presque claire et inodore. Le dépôt a une odeur d'acide butyrique.

la couche d'écume et celle de boue, est opalescent par suite de la présence des matières colloïdales et ne dégage aucune odeur.

La clarification par décantation donne de meilleurs résultats si l'on ajoute du goudron à l'eau. La sédimentation est alors plus rapide et la fermentation du dépôt est retardée.

M. Ruata conclut que pour clarifier par décantation les eaux de diffusion et de presses, il faut y ajouter du goudron et disposer les bassins de façon qu'elles puissent y séjourner pendant quarante-huit heures au moins; l'élimination des boues doit faire l'objet d'un soin tout particulier (1).

Le tableau page 107 donne les résultats du traitement par décantation simple et par décantation au moyen de goudron.

FILTRATION. — Les essais de filtration sur différentes espèces de sable n'ont pas donné de bons résultats, comme en témoignent les chiffres qui suivent.

#### INSTALLATION DE BOLOGNE.

NATURE de l'échantillon	Matières organiques %/oo		
	Totales	Dissoutes	En suspension
Eau résiduaire épulpée . . .	3.02 à 4.40	2.35 à 3.20	0.66 à 1.20
Eau filtrée (Essai A) . . .	3.87	3.50	0.37
Eau filtrée (Essai B) . . .	3.72	3.32	0.40
Eau filtrée (Essai C) . . .	4.07	3.74	0.33

TRAITEMENT CHIMIQUE. — M. Ruata rappelle que les procédés chimiques ont peu de partisans.

(1) L'auteur envisage principalement l'enlèvement des matières en suspension ou en pseudo-suspension (colloïdales); dans le cas particulier qui l'occupe, il estime que

D'après M. Calmette, « les systèmes d'épuration basés sur l'emploi de réactifs chimiques, tels que la chaux, les sulfates ferreux ou ferrique, le sulfate d'alumine, etc., précipitent les matières pectiques et entraînent la plupart des matières en suspension ; mais ils présentent tous le grave inconvénient de laisser intactes les substances organiques dissoutes telles que le sucre, et celles-ci, déversées dans les rivières, se putréfient en donnant naissance à des produits solubles et gazeux nocifs et mal odorants ».

L'auteur a fait une série d'expériences au moyen de sulfate d'alumine, d'humine et de chaux, d'oxyde de fer et, enfin, de chaux seule.

\* \* \*

Le *sulfate d'alumine* provoque une clarification complète mais trop lente pour pouvoir être appliquée en grand avec succès.

\* \* \*

Le *procédé Hoyermann-Wellensiek* (humine en poudre ou en décoction et chaux) est insuffisant ; la clarification n'est pas meilleure qu'avec de la chaux seule et n'est d'ailleurs que passagère.

\* \* \*

Les *procédés Liesenberg* (ferrite et aluminate de soude et chaux) et *Battut* (phosphate de baryum et chaux) n'ont pas été envisagés ; ils sont trop coûteux et peu efficaces.

\* \* \*

M. Ruata a étudié l'épuration au moyen d'*oxyde ferri-*

---

l'élimination des matières dissoutes proprement dites n'a qu'une importance secondaire, d'une part, parce qu'il a constaté que les eaux clarifiées au moyen de goudron ne répandent aucune odeur, même après cinq ou six jours de repos et, d'autre part, parce que le trajet du canal « Navile », entre la sucrerie et le débouché dans le fleuve « Reno » est trop court pour que la fermentation des matières dissoutes puisse donner lieu à des inconvénients. Le fleuve Reno ne baignant aucune localité importante sur un long parcours, une faible pollution de ses eaux n'aurait pas de conséquences fâcheuses. Enfin, il est à noter que l'effluent est fortement dilué dans le canal.

que, en employant, dans un but d'économie, de la pyrite grillée, résidu de la fabrication de l'acide sulfurique, contenant de 70 à 73 p. c. de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Si l'on traite l'eau résiduaire par de la pyrite grillée, il se produit un précipité dû à l'action catalytique de l'oxyde de fer en présence de l'oxygène atmosphérique avec lequel l'eau vient en contact; de plus, il se forme une petite quantité d'acide sulfurique, favorisant la coagulation des matières albuminoïdes colloïdales.

Pour l'emploi industriel du procédé, on peut opérer comme suit : l'eau résiduaire est mise en contact avec les cendres de pyrite pendant un intervalle de temps relativement court; elle traverse ensuite une tour remplie de scories et de coke où elle trouve l'oxygène nécessaire pour parfaire la coagulation, les scories faisant l'office de corps catalyseur par l'oxyde de fer qu'elles renferment. Il est à conseiller d'ajouter à la pyrite une petite quantité d'acide sulfurique de façon à donner à la masse liquide une faible acidité; elle s'enrichira alors en sulfate ferreux, dont l'action coagulante et précipitante s'ajoutera à celle des scories et de l'oxygène atmosphérique.

Le dispositif adopté par M. Ruata pour ses expériences est le suivant : l'eau traverse lentement une caisse de 4 mètres de longueur, 0<sup>m</sup>25 de largeur et 0<sup>m</sup>27 de profondeur, qui contient une couche de pyrite grillée de 0<sup>m</sup>10; après avoir été mise en contact intime avec cette dernière, elle est reçue à la partie supérieure d'un cylindre vertical de 4 mètres de hauteur et 0<sup>m</sup>44 de diamètre. Il renferme, à partir du fond, une couche de 0<sup>m</sup>30 de cailloux et de gravier supportant 3<sup>m</sup>50 d'un mélange à parties égales de scories spongieuses et de coke. La tour est fermée en haut et en bas par un disque perforé, l'eau s'écoulant à la base est conduite dans un réservoir en fer de 10 mètres cubes de capacité.

On trouvera, dans le tableau ci-après, certains résultats obtenus par l'expérimentateur.

INSTALLATION DE BOLOGNE.

EXPÉRIENCES	Matières organiques %				Acidité % oo	OBSERVATIONS
	Total	Dissoutes	En suspension			
Expérience A. On traite 36 litres d'eau par minute. Eau du réservoir décanteur après 1 jour de repos.	0.97	0.89	0.08	0.28		L'eau du réservoir de décantation a une coloration rougeâtre, est inodore et a une réaction nettement acide. Le fond du réservoir est recouvert d'un dépôt épais de matériaux provenant de la betterave.
Expérience B. La quantité de pyrite a été augmentée. Eau du réservoir décanteur après 1 jour de repos.	0.81	0.81	traces	0.24		L'eau du réservoir de décantation est trouble, inodore et a une réaction nettement acide. Elle est recouverte d'écume, ce qui indique un commencement de fermentation du dépôt. Celui-ci est épais et constitué de matériaux provenant de la betterave.
Expérience C.						
Eau du réservoir décanteur après	1 jour de repos . . . . .	0.72	0.72	traces	0.25	L'eau du réservoir de décantation est sale, nettement acide et inodore et recouverte d'une couche d'écume renfermant des fragments de pyrite.
	2 jours de repos . . . . .	0.67	0.67	—	0.31	L'eau est plus claire, acide et inodore; la couche d'écume est réduite.
	3 jours de repos . . . . .	0.65	0.65	—	0.38	L'eau est claire, acide et inodore.

M. Ruata conclut qu'il est possible d'obtenir, par ce procédé, une épuration suffisante des eaux provenant du travail des betteraves.

D'autres expériences ont été consacrées à l'étude de l'épuration par la *chaux*.

En employant 3 grammes de chaux vive par litre d'eau de diffusion et de presses, on obtient un liquide très clair.

Le traitement à la chaux a deux inconvénients : l'eau clarifiée se trouble et elle a une alcalinité trop forte, qu'il convient de neutraliser en utilisant de préférence, du sulfate ou du chlorure ferrique; un tel traitement reviendrait, pour une campagne de soixante-dix jours, à 100,800 francs! L'emploi de sulfate ferrique serait un peu moins dispendieux.

L'auteur déduit de ses recherches que le traitement à la chaux seule peut être avantageux quand l'effluent se déverse dans un fleuve à grand débit, où il est très dilué. Ce n'est pas le cas à Bologne, où le niveau de l'eau dans le canal « Navile » est particulièrement bas durant la campagne sucrière. Un traitement complémentaire au moyen de chlorure ferrique, de sulfate ferrique ou d'autres réactifs est irréalisable parce que trop coûteux.

**ÉPURATION BIOLOGIQUE ARTIFICIELLE.** — Ce procédé appliqué avec succès à l'épuration des eaux d'égout n'a pas répondu complètement aux espérances de ceux qui ont tenté de l'utiliser pour l'épuration des eaux résiduaires de sucreries. M. Ruata remarque que les démarches pressantes de M. le Préfet du département du Nord (France), auprès des fabricants de sucre de la région, démarches faites à la suite des résultats obtenus à Pont-d'Ardres et à Marquillies, n'ont pu décider ces industriels à entrer dans la voie du traitement bactérien artificiel.

Les résultats médiocres de l'installation de Leopoldsdorf ne justifient pas les fortes dépenses de premier établissement et d'entretien annuel qu'elle nécessite.

MM. Anfossi et Rossi, qui ont étudié le traitement biologique artificiel à Parme, lui sont défavorables : l'eau traitée conserve son odeur particulière à laquelle s'ajoute celle de l'acide sulfhydrique ; elle renferme une trop forte quantité de matières organiques pour pouvoir être déversée dans de petits cours d'eau.

M. Stoklahsa cite une installation de Bohême, qui fonctionna irrégulièrement par suite de la détérioration des matériaux des lits.

Eu égard aux résultats peu favorables obtenus jusqu'à présent, M. Ruata estime que l'épuration biologique artificielle des eaux-vannes de sucreries n'est pas à conseiller à l'heure actuelle, ni au point de vue technique, ni au point de vue économique.

ÉPURATION BIOLOGIQUE NATURELLE, ÉPANDAGE. — L'auteur est partisan de l'épuration par épandage. Malheureusement la méthode n'est applicable que lorsqu'on dispose de vastes terrains perméables ; en tout cas, elle dépose à la surface du sol de la boue qui peut incommoder les voisins lorsqu'elle entre en putréfaction. Enfin, il y a danger de contamination de la nappe aquifère souterraine. A Bologne, en particulier, le terrain dur et compact rend l'épandage impossible.

## RUSSIE.

Après une enquête, faite en 1894, dans 45 sucreries du gouvernement de Podolie, les autorités russes prirent les mesures suivantes en vue d'empêcher la pollution des cours d'eau :

Les eaux boueuses doivent être clarifiées par décantation Les procédés chimiques étant incapables d'épurer les eaux

de la diffusion et des presses, ces dernières doivent être soumises à l'épandage. Les autorités prennent les mesures nécessaires pour faciliter aux industriels l'acquisition des terrains à employer pour ce traitement.

Les eaux chaudes doivent être refroidies jusqu'à la température de 25°.

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
11 Raffinerie Tirlemontoise : Usine n° 1. Usine n° 2.	Brabant	Tirlemont >	1,000,000(2) 400,000(2)	Décantation. )	La Grande-Gette (riv.). )
12 Sucrerie de Wavre (Naveau et Cie).		Wavre	300,000	)	La Dyle (riv.).
13 Sucrerie d'Helchin.	Fl. Occidentale	Helchin	300,000	Décantation.	L'Escaut (fl.).
14 Sucrerie de l'Espérance.	»	Snaeskerke	800,000	Traitemen chimi que décantation et passage sur lits de mâcherer.	Canal de Nieuport à Plasschendaele.
15 Sucrerie de Warneton.	»	Warneton	800,000	Chaulage et décantation.	La Lys (riv.).
16 Nouvelle sucrerie de Calloo	Fl. Orientale	Calloo	325,000	Décantation.	Den Melkader.
17 Sucrerie de Moerbeke.	»	Moerbeke (Waes)	600,000	Epandage sur prairies.	Canal Le Moervart ou canal La Zuidleede.
18 Association sucrière de Selzaete.	»	Selzaete	350,000	Chaulage et décantation.	Le Poelwatergang.
19 Franz. Wittouck.		)	1,000,000	Eau de transport et de lavage ; décantation. Eau de diffusion : chaulage et décantation.	Canal de Gand à Terneuzen.

ANNEXE  
Relevé des sucreries belges.

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
1 Sucrerie de Beirendrecht.	Anvers	Beirendrecht	650,000	Décantation.	L'Escaut (fl.).
2 Sucrerie de Vieux-Lillo. Dorzee, Van Reenen et Van Loon.	»	Lillo	—	»	»
3 Sucrerie de Chastre.	Brabant	Chastre	400,000	Décantation.	Le Ry de Parbais (ruiss.).
4 Association sucrière de Genappe.	»	Genappe	300,000	Traitemennt chimique et décantation.	La Dyle (riv.).
5 Distillerie et sucrerie réunies.	»	»	700,000	Décantation.	»
6 Sucrerie et distillerie réunies.	»	Hal	250,000	Procédé Liesenberg.	La Senne (riv.).
7 Sucrerie - Raffinerie du Grand Pont.	»	Hougaerde	600,000	Décantation.	La Grande-Gette (riv.).
8 Sucrerie-Raffinerie de la Ghète.	»	»	700,000	»	»
9 Sucrerie d'Heylissem.	»	Opheyissem	300,000	»	La Petite-Gette (riv.).
10 Dumoulin et Cie.	»	Orp-le-Grand	300,000	»	»

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
20 Sucrerie coopérative d'Anvaing.	Hainaut	Anvaing	525,000	Chaulage, addition des écumes et décantation.	Fontaine de la Bruyère, puis le Rhosnes (ruiss.).
21 Sucreries réunies d'Ath et de Belœil.	»	Ath	600,000	Décantation.	La Dendre (riv.).
22 Florimond Duchateau et Cie.	»	Attre	200,000	Chaulage et décantation.	La Petite Dendre.
23 Sucrerie de Barry-Maulde (Simon et Cie).	»	Barry	350,000	Procédé Liesenberg.	Rieu des Mansards et la Dendre.
24 Jourez Hayois.	»	Bauffe	300,000	Chaulage et décantation.	Ruisseau de la Brunne.
25 Sucrerie de Bruglette.	»	Bruglette	450,000	Décantation.	La Petite Dendre (riv.).
26 Dumont frères.	»	Chassart	550,000	»	Le Grand Rys (ruiss.).
27 Sucrerie de Chercq.	»	Chercq	250,000	Chaulage et décantation.	Ruisseau de Barges.
28 Semal, Bedoret, Losseau et Cie.	»	Donstiennes	700,000	Décantation.	Ruisseau du Moulin.
29 A. et L. Tellier et Cie.	»	Elonges	250,000	»	Ruisseau d'Elouges.
30 Sucrerie d'Escanaffles.	»	Escanaffles	350,000	»	L'Escaut (fl.).
31 Sucrerie de Fontaine-Valmont.	»	Fontaine-Valmont	420,000	»	La Sambre (riv.).
32 Sucrerie de Framerries-Noirchain.	»	Framerries	200,000	»	Ruisseau du Temple.

DÉSIGNATION	Situation géographique		'Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
33 Fabrique de sucre de Frasnes-lez-Buissenal.	Hainaut	Frasnes-lez-Buissenal	1,000,000	Chaulage, addition des écumes et décantation.	Rieu des Soudeilles et le Rhosnes.
34 Sucrerie du Pont-Royal.	"	Froidmont	300,000	Procédé Liesenberg.	Ruisseau de Barges.
35 Beghin, Loth et Cie.	"	Givry	250,000	Chaulage et décantation.	Ruisseau du Prés à Rieux.
36 Duchateau et Cie.	"	Grandglise	600,000	Eaux de lavage : décantation. Eaux de la diffusion : infiltration dans le sol.	Ruisseau La Fontaine Bouillante.
37 Sucrerie de Hamœu (Heurion, Meunier et Cie).	"	Ham-sur-Heure	300,000	Décantation.	L'Eau-d'Heure (riv.).
38 Sucrerie de Ligne.	"	Ligne	400,00	Procédé Liesenberg.	La Dendre (riv.).
39 Distillerie et sucrerie réunies de Marche-lez-Ecaussines.	"	Marche-lez-Ecaussines	350,000	Eaux boueuses : chaulage et décantation. Eaux fermentescibles : procédé Liesenberg.	La Sennette.
40 Sucrerie de Péronnes-lez-Binche.	"	Péronnes-lez-Binche	350,000	Chaulage et décantation.	Ruisseau La Princesse.
41 Simon, Huicq, Dapsens et Cie.	"	Péruwelz	270,000	Décantation.	Ruisseau La Vernes de Basècles.
42 Sucrerie St-Joseph.	"	Petit-Enghien	300,000	Procédé Liesenberg.	Ruisseau de Geane.
43 Sucrerie de Quévy-le-Grand.	"	Quévy-le-Grand	300,000	"	Ruisseau dit de Wampe.

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
44 Sucrerie Olivier.	Hainaut »	Quiévrain Silly	400,000	Décantation.	La Grande Honelle.
45 Duchateau, Frison et Cie.			400 000	Eau de lavage : décantation. Eau des presses : infiltration dans le sol. Eau de décappage (acide) : infiltration dans le sol.	La Petite-Sille.
46 Sucrerie de Solre-sur-Sambre.		Solre-sur-Sambre »	400,000	Décantation.	La Sambre (riv.).
47 Sucrerie La Rogère.		Thuillies »	360,000	»	Ruisseau de la Houzée.
48 Jales Peeters.		Warcoing »	300,000	»	L'Escaut (fl.).
49 Benoit-Couplet et Cie.		Wez-Velvain »	230,000	»	Rieu de Wez (ruiss.).
50 Sucrerie d'Alleur.		Allleur	250,000	Décantation et infiltration dans le sol.	
51 Doneeel et Cie.		Avennes »	250,000	Décantation.	La Méhaigne (riv.).
52 J. - B. Dochen frères et Cie.		Avernas-le-Bauduin »	220,000	»	Ruisseau Henry-Fontaine.
53 Ancion, Beauduin et Cie		Braives-Latinnes »	400,000	»	La Méhaigne (riv.).
54 Sucrerie - Raffinerie d'Embresin.		Embresin »	450,000	»	»

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
55 Niset, Roberti, Strel et Cie.	Liège	Fexhe-le-Haut-Clocher	350,000	Décantation et infiltration dans le sol.	Le Geer (riv.).
56 Naveau et fils.	"	Hollogne-sur-Geer	350,000	Décantation.	Molenbeek.
57 Sucrerie de Landen.	"	Landen	450,000	"	Rigole vers Glons (n'atteignent jamais le Geer).
58 Jules Halbart et Cie.	"	Liers	300,000	"	"
59 Sucrerie Notre-Dame.	"	Oreye	500,000	Décantation et épandage.	Le Geer (riv.).
60 Sucrerie de Remicourt.	"	Remicourt	260 000	Décantation.	L'Yerne (ruiss.).
61 Snyers et Cie.	"	Trognée	280,000	"	Ruisseau Henry-Fontaine.
62 Sucrerie de Visé.	"	Visé	425,000	"	La Meuse (fl.).
63 Sucrerie de Waleffe.	"	Les Waleffes	300,000	Décantation et épandage.	Le Geer (riv.).
64 Sucreries centrales de Wanze (14 râperies).	"	—	3,500,000	—	—
	Bergilers	—	—	Décantation.	Le Geer (riv.).
	Burdinne	—	—	—	—
	Chapon-Seraing	—	—	Décantation.	Ruisseau de Vieux.
	Eghézée	—	—	Décantation et infiltration dans le sol.	La Méhaigne (riv.).
	Lens-St-Remy	—	—	Décantation.	Le Geer (riv.).
	Liège	—	—	—	—

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
64 Sucreries centrales de Wanze (14 râperies). (Suite)	Limbourg Liège Brabant Liège » » » » » » » » » » »	Marlinne Moha Perwez Viemme Vissoul Wanze Waremmé Warnant Saint-Trond-Bernissem Niel-St-Trond Houppertingen Rosoux-Goyer St-Trond-Stayen	— — — — — — — — — — — — — — 250,000	Décantation. — » — » Eau de transport et de lavage : décantation. Eau de diffusion : pas d'épuration. Décantation. » Décantation et épandage sur prairies.	L'Herck (ruiss.). La Méhaigne (riv.). La Grande-Gette (riv.). — Burdinale (ruiss.). La Meuse (fl.). Le Geer (riv.). Ruisseau de Normée. Oudenbeek. Ruisseau de Niel, puis Molenbeek. L'Herck (ruiss.). Cincindria (ruiss.). Molenbeek.
65 Jadoul frères et Nicolai.	Limbourg	Saint-Trond-Bernissem	250,000	Décantation.	Oudenbeek.
66 Sucrerie de Niel-Gingelom.	»	Niel-St-Trond	250,000	Décantation.	Ruisseau de Niel, puis Molenbeek.
67 J. Floris et Cie.	»	Houppertingen	300,000	»	L'Herck (ruiss.).
68 Sayers, Beauduin et Cie.	»	Rosoux-Goyer	300,000	»	Cincindria (ruiss.).
69 Guillaume Mellaerts et Cie.		St-Trond-Stayen	600,000	»	Molenbeek.

DÉSIGNATION	Situation géographique		Importance de la fabrication (en kgs par 24 h.) (1)	Mode d'épuration des eaux résiduaires	Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux résiduaires
	Province	Commune			
70 Bouvier frères.	Namur	Boneffe	200,000	Chaulage et décantation.	La Méhaigne (riv.).
71 Sucreries - Raffineries M. et W. Le Docte.	Gemblooux		500,000	Décantation.	L'Orneau (ruiss.).
72 La Gembloutoise.	"	"	550,000	Addition des écumes et décantation.	L'Orneau (ruiss.).
73 Delchevalerie et Cie.	"	Sombrefe	400,000	Décantation.	La Ligne (ruiss.).

(1) D'après l'*Annuaire de la Bétevaise de 1913.*

(2) Chiffres donnés par la Société.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Annuaire de la betterave de 1913, Valenciennes.
2. Annales de l'Institut Pasteur, Paris.
3. Berichte über die Arbeiten der staatlichen Kommission zur Prüfung der Reinigungsverfahren von Zuckerfabrikabwässern, Berlin. 1899 bis inkl. 1912.
4. Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies, Paris.
5. CLAASSEN, H. Die Zucker-Fabrikation mit besonderer Berücksichtigung des Betriebes, Magdeburg, 1908.
6. Congrès internationaux de chimie appliquée.
7. Die Ergebnisse der in der Campagne 1884-1885 ausgestellten amtlichen Versuche über die Wirksamkeit verschiedener Verfahrensweisen zur Reinigung der Abflusswässer aus Rohzuckerfabriken. Magdeburg, 1886.
8. Die Deutsche Zuckerindustrie, Berlin.
9. HORSIN-DÉON P. Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de betterave, Paris, 1912.
10. Il monitore tecnico, Milano.
11. Journal des fabricants de sucre, Paris.
12. La Sucrerie belge, Bruxelles.
13. La Sucrerie indigène et coloniale, Paris.
14. Le Dr CALMETTE, A., et ROLANTS, E. Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, Paris, années 1905 et suivantes.
15. Österreichisch-Ungarische Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, Wien.
16. PELLET H. Epuration des eaux résiduaires de la sucrerie, Valenciennes, 1908.
17. Revue d'hygiène et de police sanitaire, Paris.
18. RUATA, Q. Il canale Navile e le acque residue dello zuccherificio di Bologna, Bologna, 1913.
19. STOHMANN-SCHANDER. Handbuch der Zuckerfabrikation, Berlin, 1912.
20. VRANCKEN E., et AULARD, A. Manuel de la fabrication du sucre de betterave, à l'usage des praticiens, Bruxelles, 1909.
21. Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie, Berlin.
22. Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen, Prag.

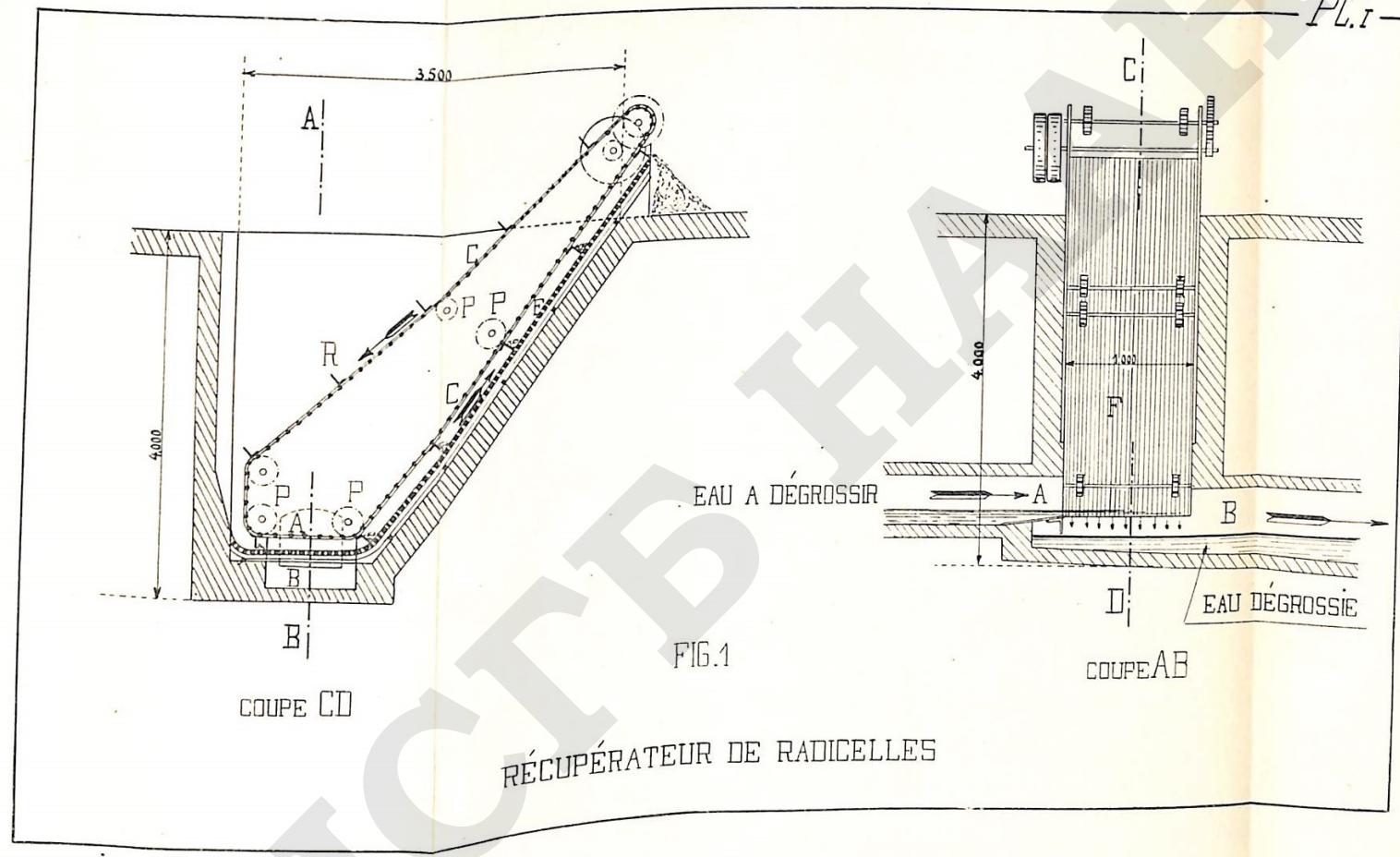
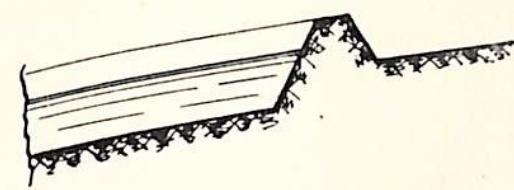
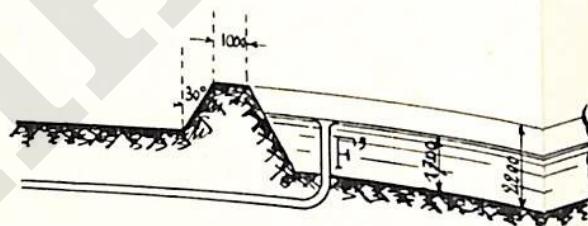
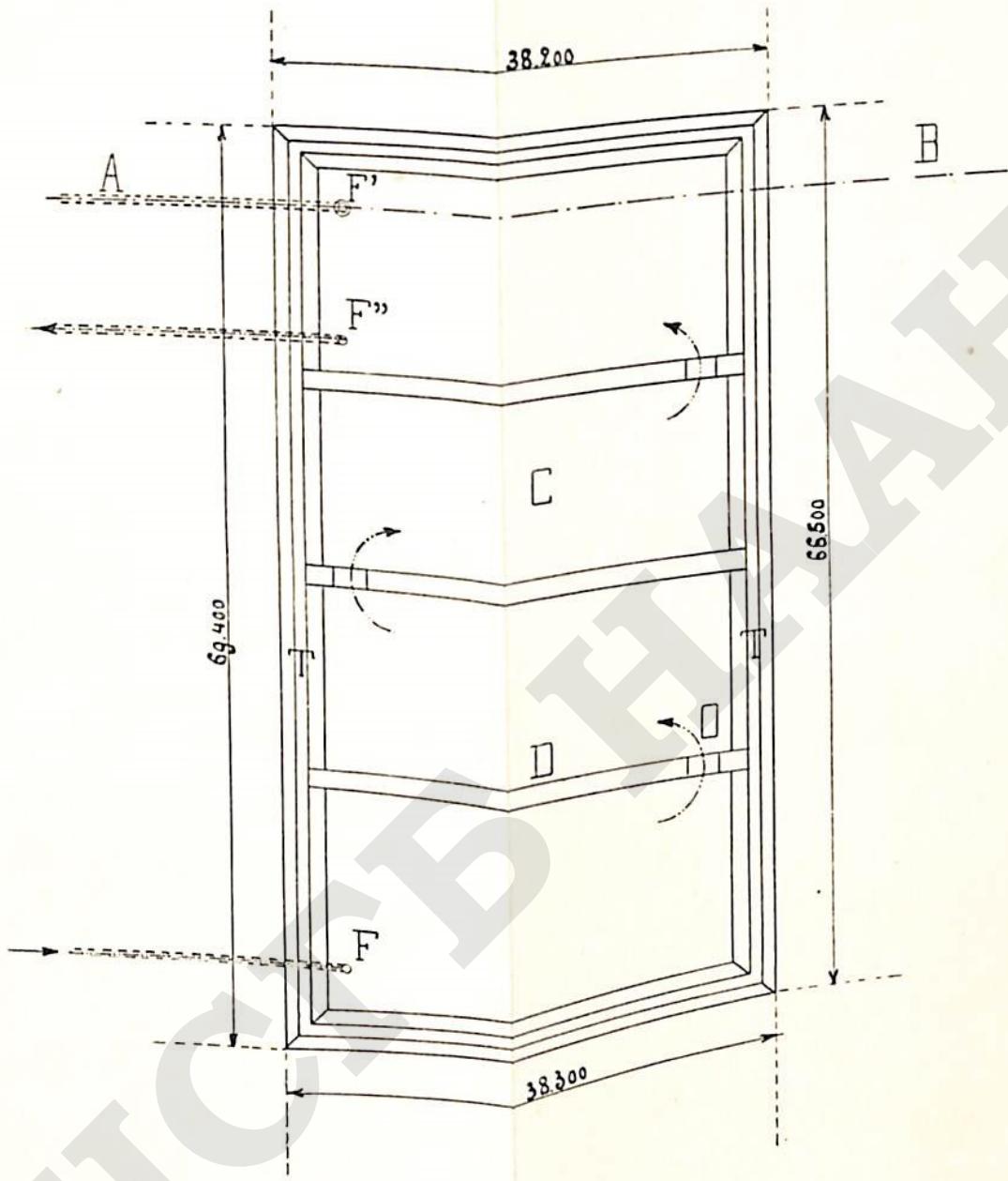


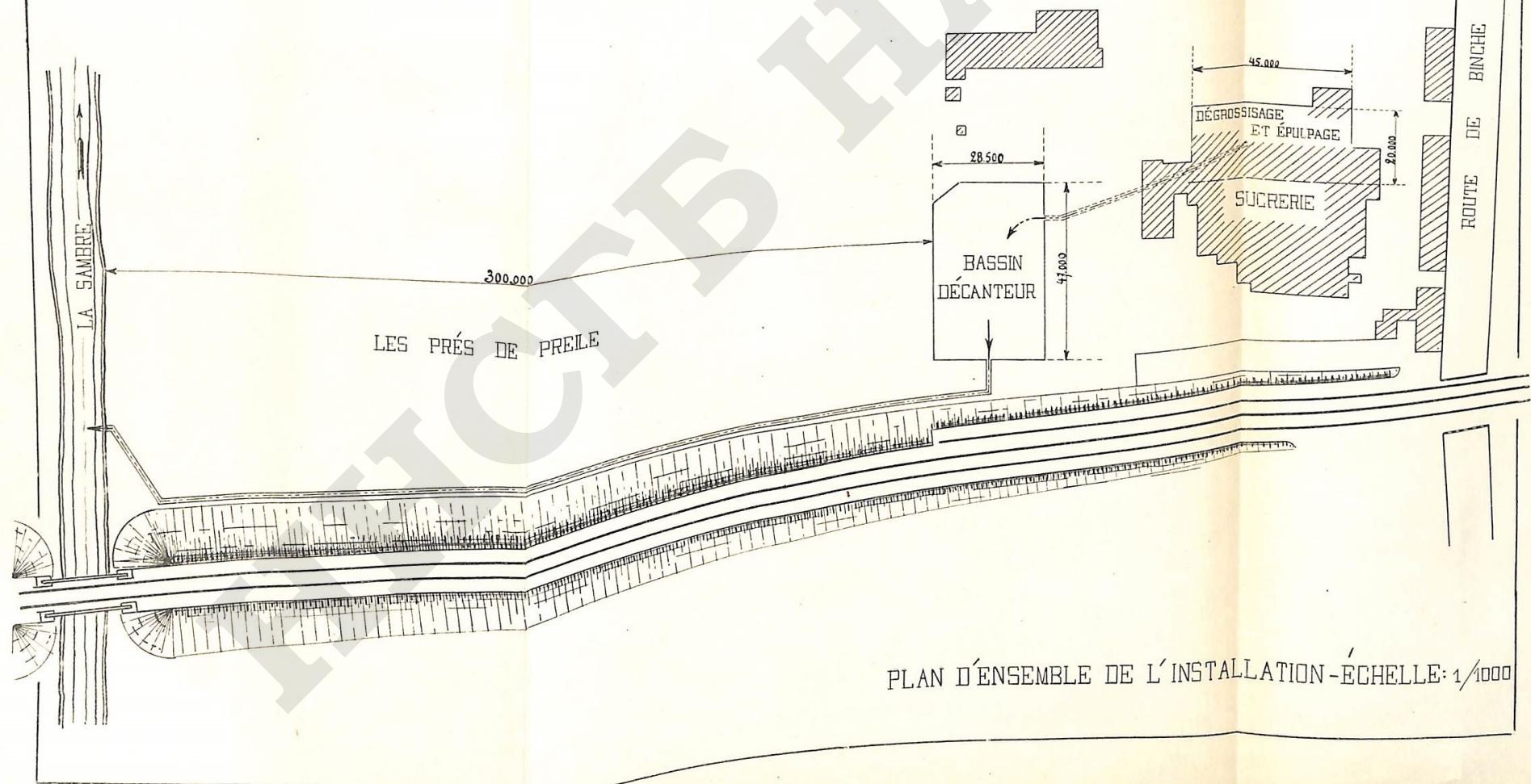
FIG.1

PCN

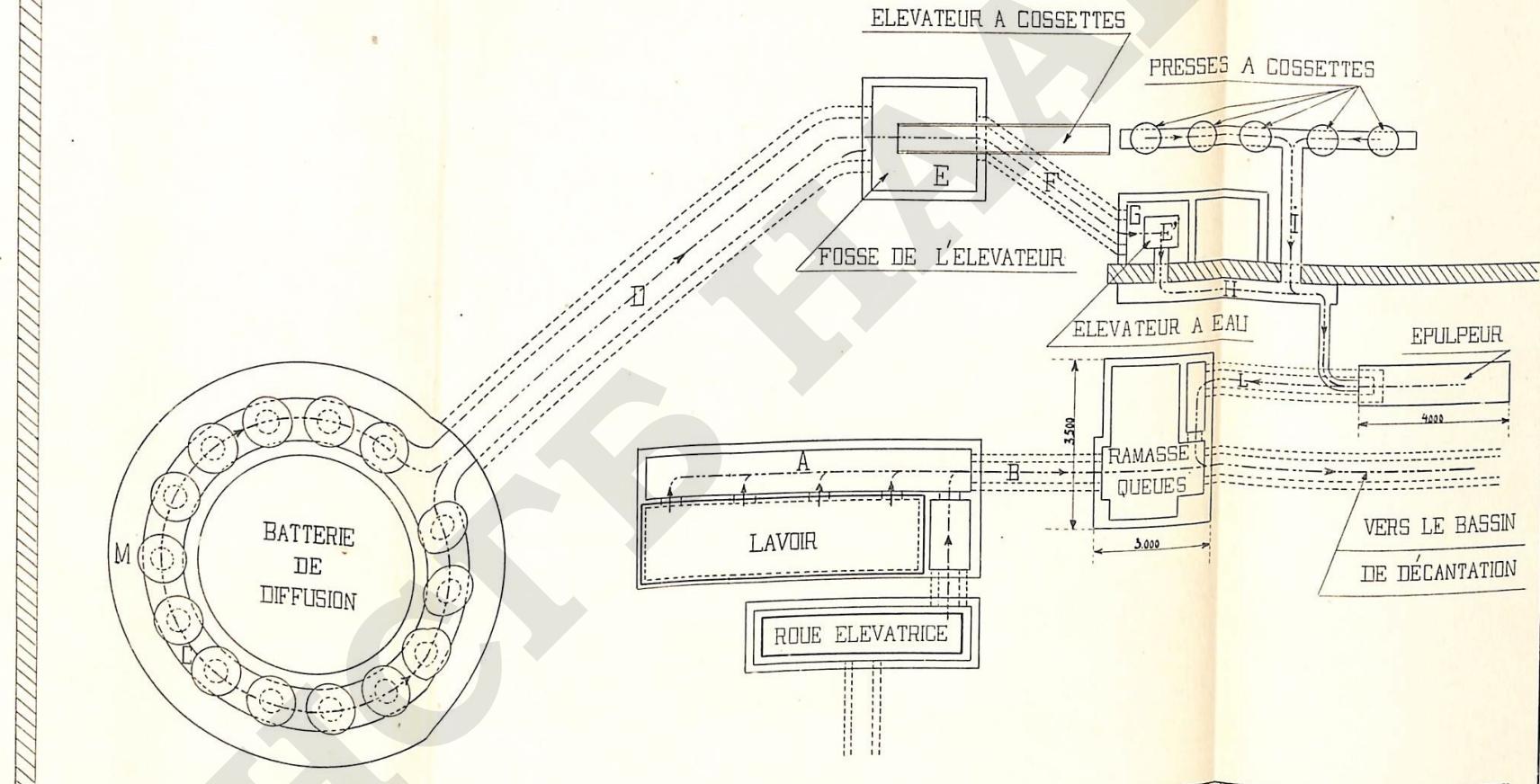


COUPE AB

*NB: Les traits --- renseignent le trajet  
suivi par les eaux résiduaires*

*Epuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de Solre-sur-Sambre.*

*Epuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de Solre-sur-Sambre.*



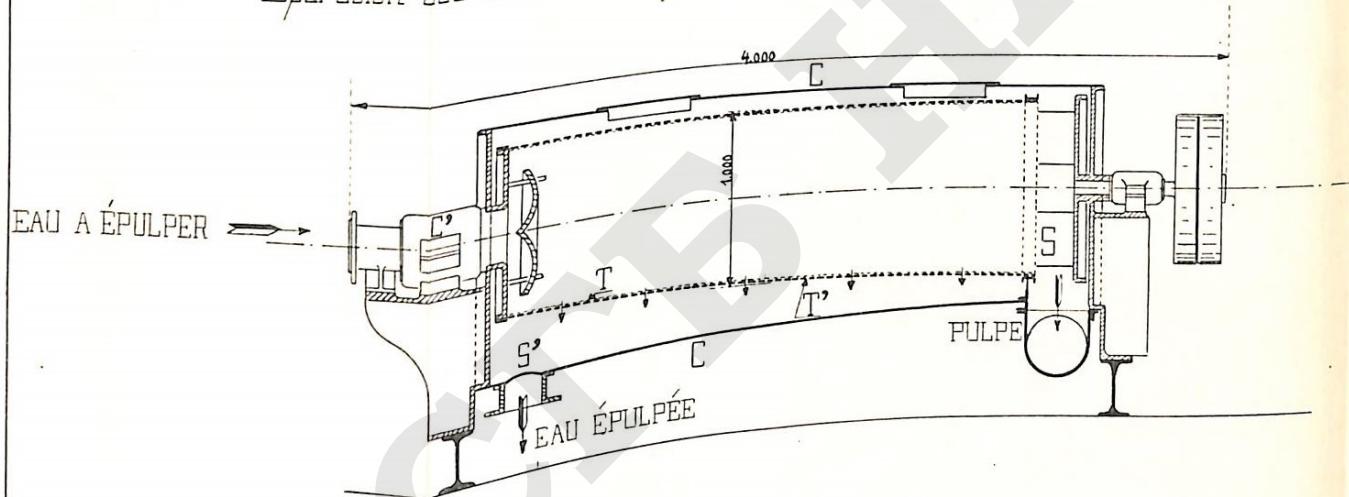
INSTALLATION DE DÉGROSSISAGE ET D'ÉPULPAGE

PLAN

ÉCHELLE : 1/100

PLV

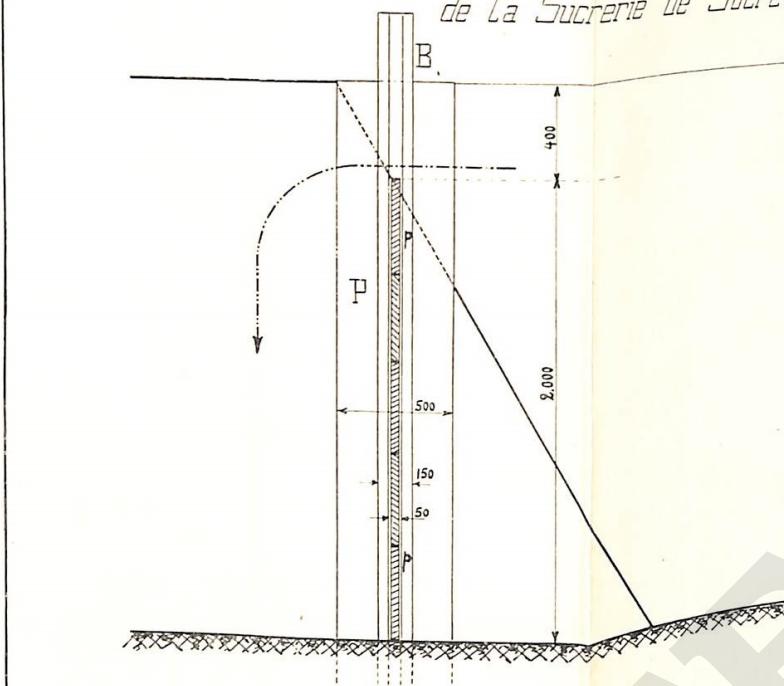
*Epuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de Solre-sur-Sambre.*



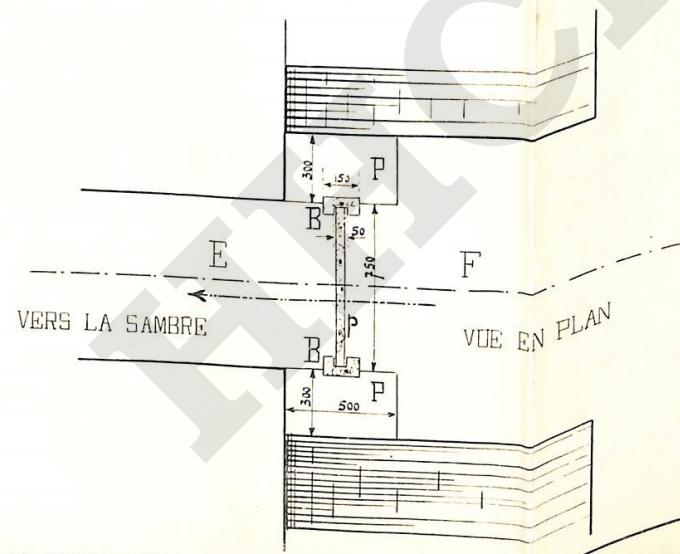
ÉPULPEUR SCHEIBLER - COUPE LONGITUDINALE

*Epuration des eaux résiduaires*

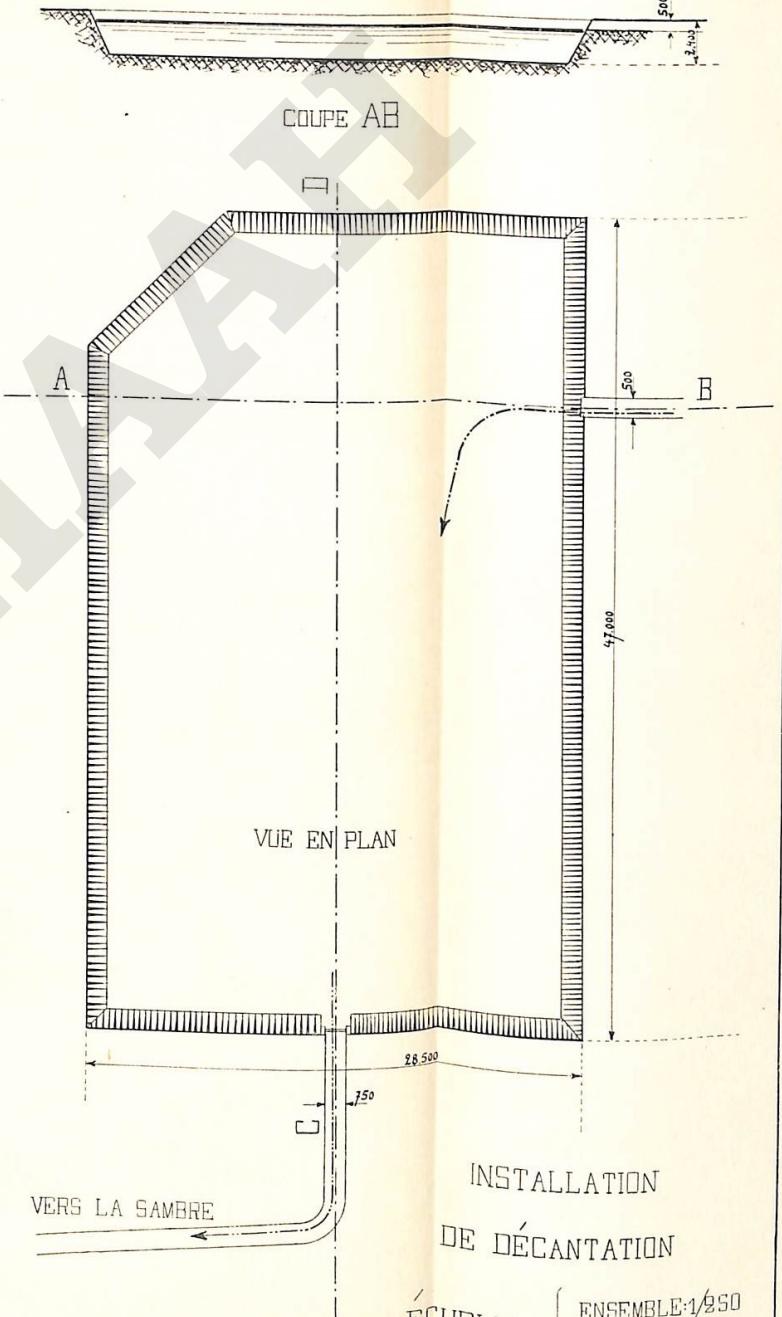
*de la Sucrerie de Solre-sur-Sambre.*



DÉTAIL DU COUPE EF  
DÉVERSOIR DE SORTIE



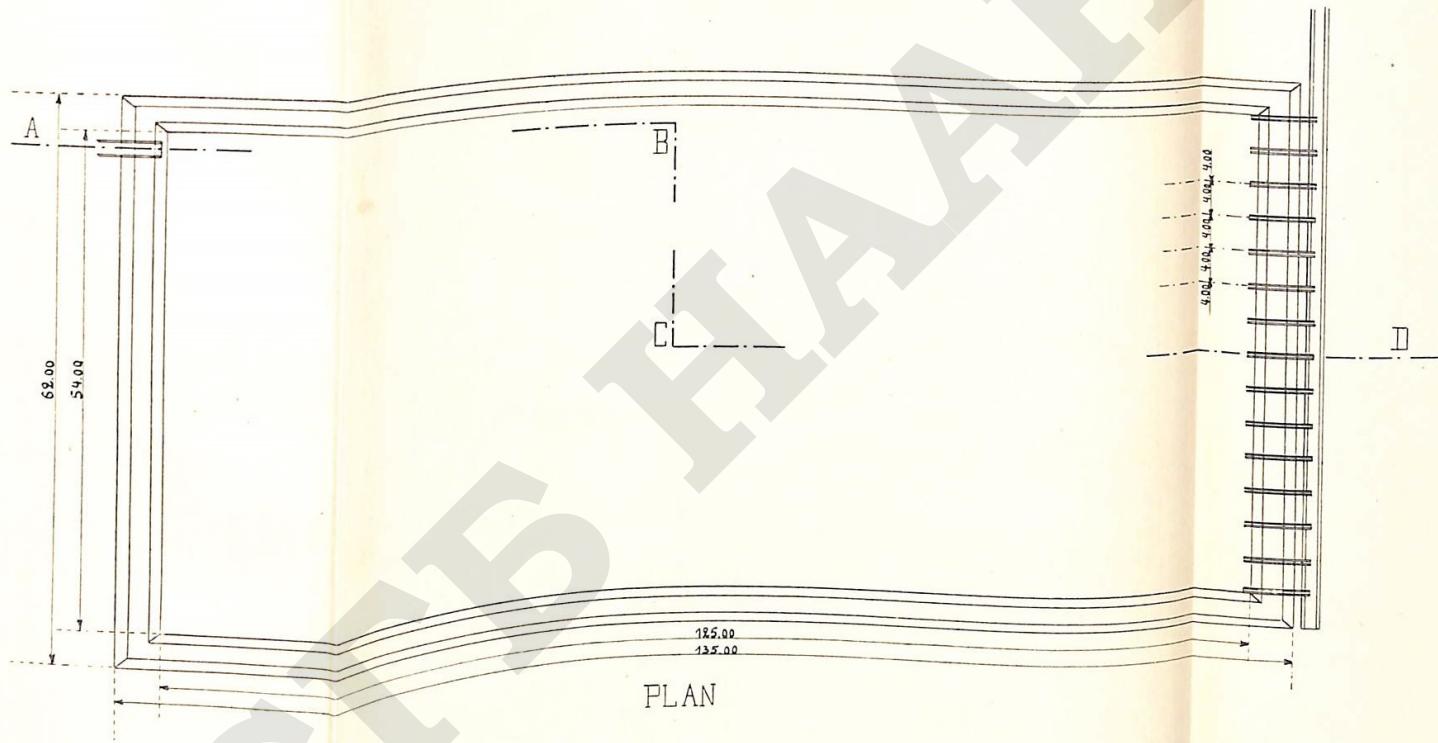
VERS LA SAMBRE



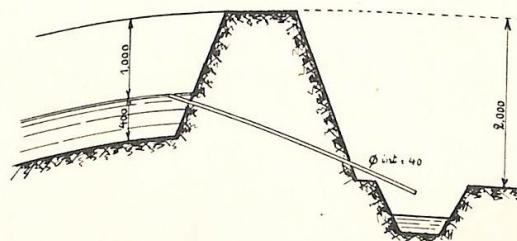
INSTALLATION  
DE DÉCANTATION

ÉCHELLES { ENSEMBLE: 1/250  
DETALS: 1/20

*Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucreerie de Frasnes-Cez-Buissenal*



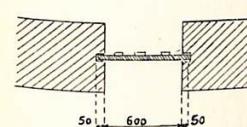
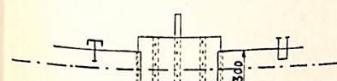
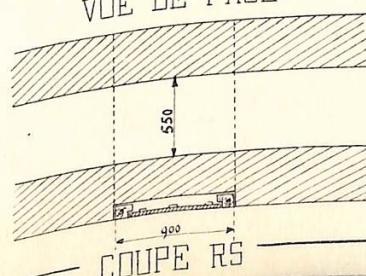
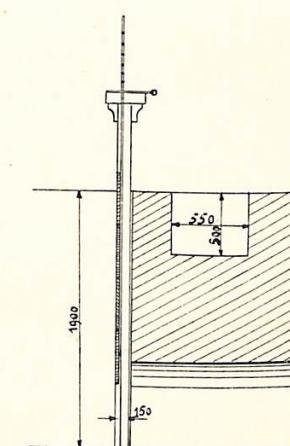
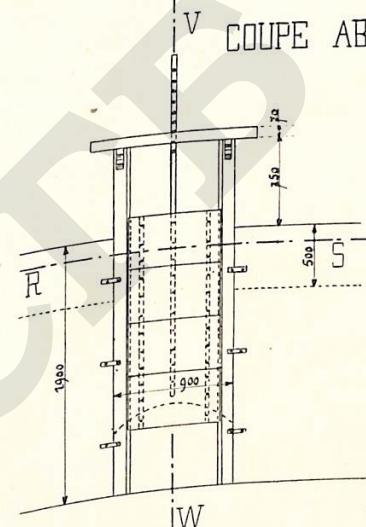
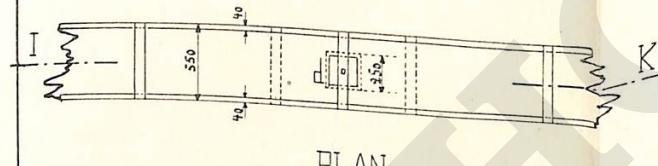
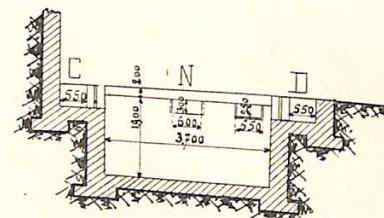
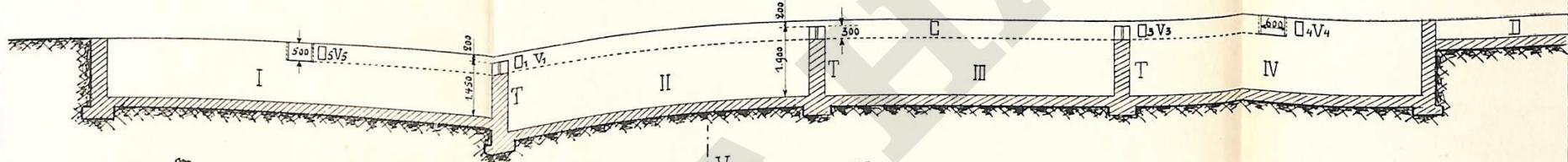
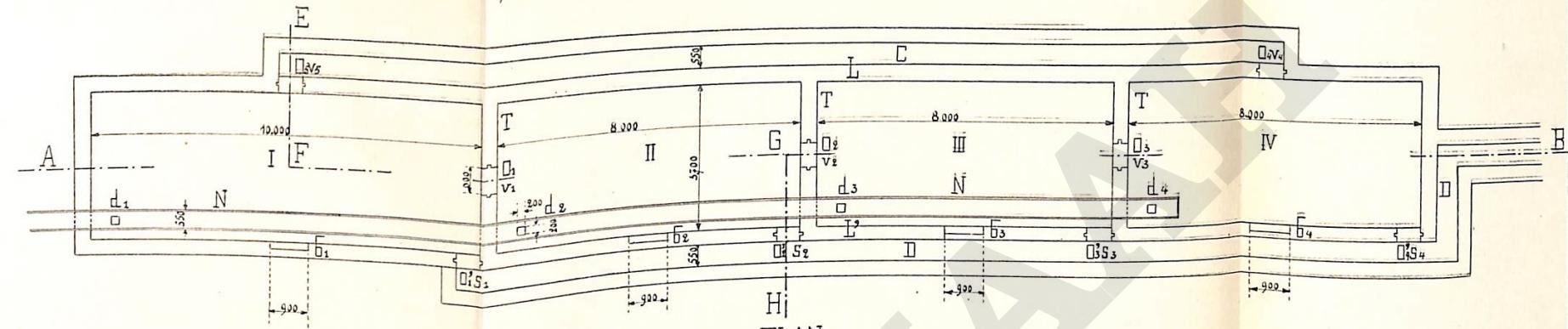
COUPE LONGITUDINALE ABCD



INSTALLATION DE DÉCANTATION

DISPOSITIF D'ÉVACUATION DE L'EFFLUENT

*Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie St-Joseph, à Enghien.*



VANNE DE COMMUNICATION

VANNE DE VIDANGE  
DES BOUES

INSTALLATION DE DÉCANTATION  
ENSEMBLE ET DÉTAILS

NOCHÈRE D'AMENÉE DES EAUX

*Installation d'épuration des eaux résiduaires de la Sucrerie de l'Espérance à Snaeskerke*

