

LA FABRICATION DES LEVURES ALIMENTAIRES A PARTIR DES SUCRES DE BOIS

par J. SAVARD

Professeur à la Faculté des Sciences de Lille,
Chef de la Division de Chimie du C. T. F. T.

et

L. ESPIL

Docteur ès Sciences.

N. D. L. R.

En biologie, on donne le nom de levures à des microorganismes, unicellulaires, qui sont voisins des bactéries et des champignons. Comme ces derniers, elles sont susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine, et de constituer un apport considérable de nourriture azotée. C'est ainsi que, durant la dernière guerre, l'Allemagne était équipée pour la production industrielle de cet aliment, et treize usines en fabriquaient annuellement plus de vingt mille tonnes, qui étaient employées en mélange pour la confection de biscuits ayant un très fort pouvoir nutritif. Elles sont de plus utilisées couramment dans l'alimentation des animaux domestiques.

Il est possible d'obtenir ces organismes à partir du bois : leurs cultures se développent en effet très rapidement à l'aide des sucres de bois.

Il nous a semblé utile de porter cette technique à la connaissance de nos lecteurs, les pays tropicaux pouvant un jour en bénéficier par la mise en valeur des vastes réserves de cellulose que sont leurs forêts.

Le professeur SAVARD, éminent spécialiste de ces questions, qui dirige le laboratoire de Chimie du Bois du Centre Technique Forestier Tropical, a déjà indiqué dans un précédent article de notre périodique (« Le Bois Tropical matière première de l'Industrie Chimique », in- Bois et Forêts des Tropiques, n° 25, p. 313 à 322), les principes de la technique de l'hydrolyse du Bois, qui conduit à la production, à partir de ce matériau, d'une part de sucres, d'autre part d'un résidu de lignine solide. Dans les lignes qui suivent, les auteurs exposent la technique de la fabrication des levures alimentaires à partir des sucres ainsi obtenus, technique qui apparaît comme l'un des nombreux moyens de commercialiser ces sucres de bois.

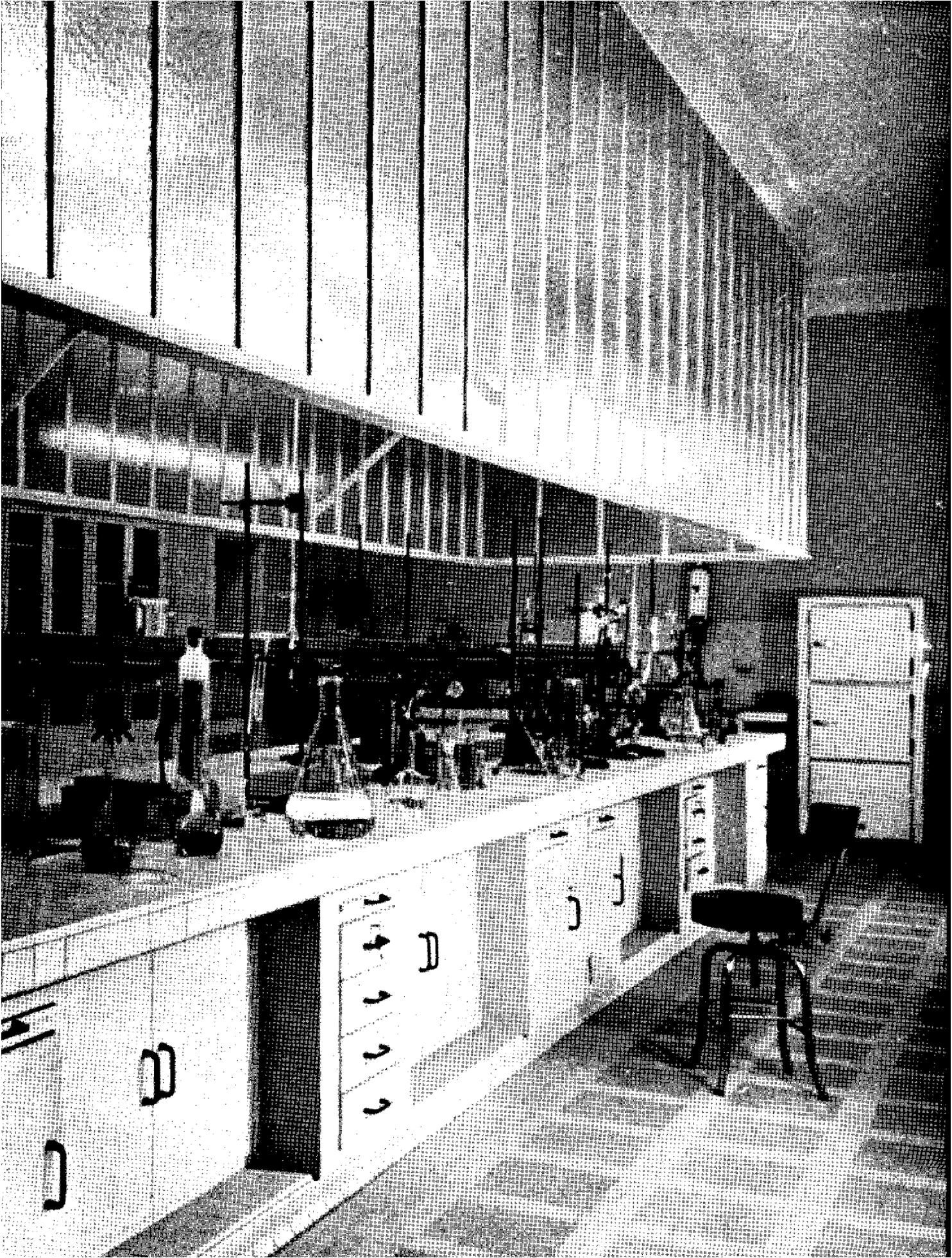
J. C.

FOOD YEASTS MADE FROM WOOD SUGARS

SUMMARY

In presence of phosphates and ammoniacal salts, hexoses and pentoses from the juices of wood hydrolysis may be consumed by various yeasts and particularly by those of the Torula type. A product rich in protids and vitamins and adequate for human consumption is thus obtained.

The authors give further a description of a continuous process for the culture of yeasts, originating from Germany, which has been reproduced in France, in a factory of Morcenx. Finally the paper ends by giving a method for calculation of cost price of 1 kilogr. of yeast.



LEVADURAS ALIMENTICIAS FABRICADAS A PARTIR DE AZUCARES DE MADERA

RESUMEN

En presencia de fosfatos y de sales amoniacales, los hexosis y pentosis procedente de los jugos resultando del hidrolisis de la madera pueden ser consumidos por varias levaduras y particularmente por las de tipo *Torula*. Se consigue así un producto rico en protidas y vitaminas que puede ser consumido por los humanos.

Los autores describen un procedimiento continuo para cultivar levaduras, el cual originado en Alemania y que ha sido reproducido en Francia, en la planta de Morcenx. Concluyen indicando como se puede computar el coste de un kilogramo de levadura.

* * *

L'hydrolyse du bois fournit un mélange de sucres (hexoses et pentoses) qui peuvent être transformés :

1° **Par fermentation** : en alcool éthylique, alcool butylique, acétone, acides divers, gluconique, citrique, lactique, etc...

2° **Par cultures** : en matières nutritives désignées en général sous le nom de « Levures alimentaires ».

Nous ne nous occuperons ici que de cette dernière utilisation.

* * *

Sous le nom général de levures alimentaires on a utilisé divers champignons, quelquefois en mélange. Ce sont :

Torula utilis.

Torula pulcherimma.

Mélange de *Torulas* sauvages.

Monilia candida.

Candida arborea.

Oidium lactis.

Il n'y a de différence sensible ni dans la composi-

tion chimique, ni dans les caractères organoleptiques des produits obtenus. Le choix de certains d'entre eux a été dicté par d'apparentes commodités de fabrication. Ainsi par exemple *Oidium lactis* est un microorganisme filamenteux, de dimensions notablement plus grandes que celles des *Torulas*. La fabrication s'en trouve en principe simplifiée, une filtration suffisant pour séparer les levures. Mais le séchage du produit est plus difficile et la culture paraît plus sujette à infections. D'une façon générale, ce sont les *Torulas* qui ont été retenues par la quasi totalité des producteurs.

* * *

L'un des avantages de la transformation des sucres de bois en levures est d'utiliser la totalité des sucres, hexoses et pentoses, alors que les diverses fermentations ne portent que sur les hexoses.

Les levures sont, par ailleurs, un aliment complet contenant des protides et des quantités impor-

tantes de vitamines A, B, D. Leur fabrication permet de transformer l'azote minéral des sels ammoniacaux en azote organique, assimilable, des protides.

Le rendement est intéressant : 100 gr. de sucres produisent 45-48 gr. de levures commerciales à 7 % d'humidité.

* * *

La culture des levures est une opération essentiellement aérobie, ce en quoi elle diffère des fermentations. Autre différence, il est nécessaire de fournir au microorganisme une quantité de sels minéraux abondante, suffisante pour sa prolifération.

L'aération, par son importance, présente des difficultés. Il faut de 8 à 15 m³ d'air par kg. de levure produite. Le mélange de l'air avec le milieu de cul-

ture pose des problèmes qui ont été résolus par des procédés très variés. Celui qui paraît donner les meilleurs résultats sera décrit plus loin.

La quantité de sels minéraux, aliments, s'élève à environ 270 gr. de produits divers par kg. de levure. Azote, phosphore, potasse et magnésie peuvent être introduits sous des formes diverses, choisis d'après la plus ou moins grande facilité d'approvisionnement.

Cuve de Culture. S^{te} Waldhof

Pour avoir un aperçu des frais qu'entraîne la transformation des sucres de bois en aliments à l'usage de l'homme ou des animaux, on ne peut se baser que sur l'expérience allemande.

L'Angleterre possède bien des usines de transformation analogues, leurs produits étant surtout destinés à la fabrication des biscuits secs (valeur alimentaire accrue et introduction de vitamines) mais nous n'avons aucun renseignement précis à ce sujet. Par contre nous avons pu, à la fin de la guerre, visiter les usines allemandes en détail. Ce sont les résultats de ces visites qui sont indiqués ci-dessous.

La fabrication de produits à usage alimentaire à partir des sucres de bois avait, en effet, pris une grande extension en Allemagne au cours de la dernière guerre. Si l'on exceptait une installation bavaroise (Bad-Tolz) fabriquant des matières grasses par culture d'*Aspergillus niger*, on comptait 13 usines travaillant en moyenne à 70 % de leur capacité de production et produisant 21.000 tonnes par an de levures alimentaires.

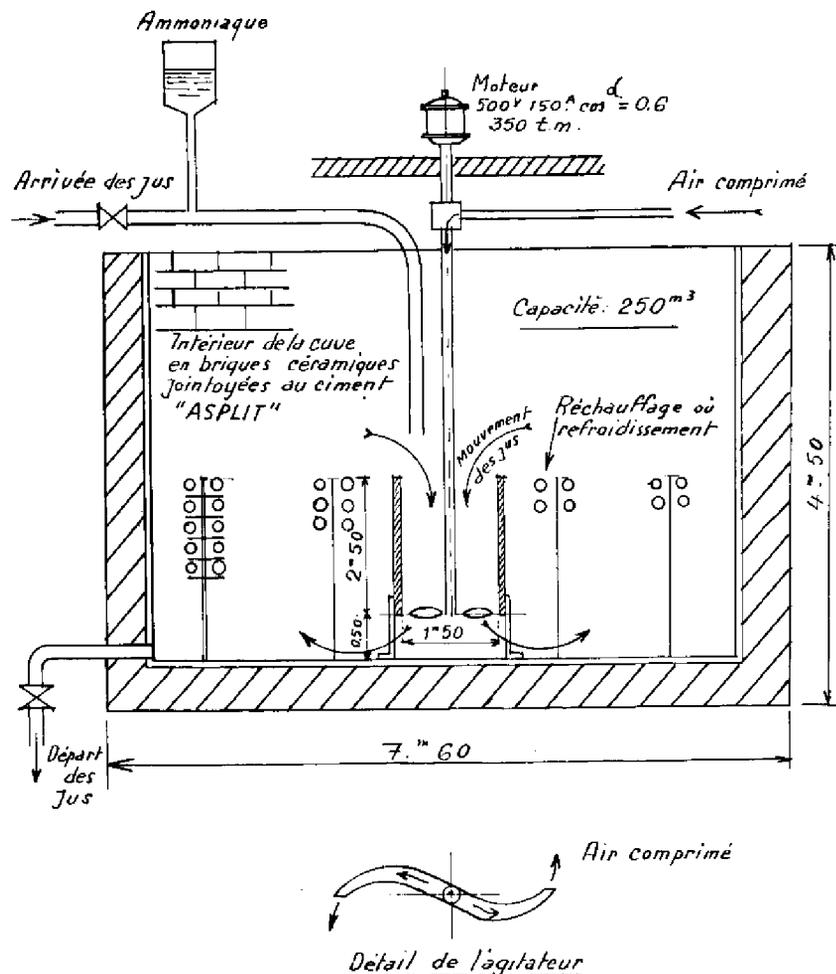
La matière première utilisée provenait de l'hydrolyse du bois de hêtre ou de sapin par des procédés divers (SCHOLLER-BERGIUS-PHRIX). Deux usines (PHRIX) traitaient de la paille produit très riche en pentosanes.

Sauf dans quelques installations déjà anciennes, les différentes usines existantes ont adopté des procédés de culture en continu. Nous décrirons ici l'un d'eux que nous avons pu reproduire sans difficulté à l'Usine de MORCENX.

La cuve de culture a un volume total de 250 m³. Elle est construite en briques et revêtue à l'intérieur de carreaux de céramique fixés par un ciment à base de silicate de soude et d'alumine.

Au centre de la cuve se trouve une cheminée en acier Inox de 1 m. 50 de diamètre et de 1 m. 50 de hauteur supportée par des colonnettes qui laissent un vide de 50 cm. entre le fond de la cuve et le bas de la cheminée.

Une hélice à 6 pales, creuse, tourne à la base de la cheminée et réalise une circulation rapide du liquide. De l'air comprimé arrivant par l'axe de l'hélice et sortant par l'extrémité des pales forme avec le liquide une émulsion très fine, réalisant un mélange parfait de telle sorte que le liquide dont le



volume réel n'est que de 50 m³, rempli à peu près la moitié de la cuve et ne présente plus qu'une densité apparente de 0,4.

Un serpentin en acier Inox permet le refroidissement du liquide.

Le grand avantage de ce procédé d'aération, en plus de sa simplicité, est de supprimer complètement tout emploi d'antimousse, ce qui est important dans le cas de la fabrication des levures pour l'alimentation humaine.

Le fonctionnement est continu. Le jus sucré, à 20-30 grammes/litre, coule au-dessus de la cheminée centrale avec un débit qui est de l'ordre de 10 m³/h. Les produits nutritifs sont également introduits d'une façon continue, le pH du liquide étant maintenu entre 4 et 5.

A la partie inférieure de la cuve, on extrait continuellement un liquide qui est pratiquement exempt de sucres (1 à 2 ‰).

Le liquide contient environ 1,2% de levures.

Le fonctionnement continu dure normalement plusieurs mois. Les infections, s'il s'en produit, sont arrêtées par un abaissement du pH vers 2-3 durant 3 ou 4 heures.

A la sortie de la cuve de culture, les jus sont envoyés à un séparateur d'air d'où ils passent dans une première batterie de supercentrifuges. La concentration en levures y passe de 1,2 à 12 %.

Deux lavages sont effectués dans les centrifugeuses, après quoi la bouillie est soit envoyée dans une seconde batterie de supercentrifuges, soit concentrée dans le vide jusqu'à 20 %.

Pour arriver à la levure sèche, deux procédés ont été utilisés :

1. L'atomisation.
2. Le séchage sur tambours rotatifs.

Le second procédé étant plus économique, ne consommant que 2 kilogs de charbon au lieu de 4 dans le cas de l'atomiseur. Aussi l'atomisation semble-t-elle devoir être abandonnée. Il n'en sera pas question dans le calcul des frais.

* * *

Une unité d'hydrolyse traitant par jour 7 tonnes de bois, produit par jour environ 4 t. 5 de réducteurs, c'est-à-dire environ 1500 tonnes par an (330 jours) permettant d'obtenir 680 tonnes de levure commerciale à 7 % d'humidité.

Les données pratiques ci-dessous s'appliquent toutes à des productions un peu supérieures. Comme les dépenses ne sont pas proportionnelles aux quan-

tités traitées, nous avons préféré donner des chiffres établis d'après des résultats industriels exacts, et ceci pour deux marches différentes : réalisées dans 3 usines.

a) Culture → 2 Centrifugations → Filtration → Séchage sur tambour.

b) Culture → 3 Centrifugations → Prévaporation → Séchage sur tambour.

* * *

I. — Données et consommations diverses dans les différents postes d'une usine produisant 1.000 tonnes de levure en 330 jours

a) Aliments

	Pour 100 kg. réducteurs	Par an
P ₂ O ₅	2 kg. 0	50 t.
NH ₃	3,5	87,5
KCl	2,0	50
MgSO ₄	1,6	37,5

2 kg. P₂O₅ = 3,7 phosphate d'ammoniaque.
3,5 NH₃ = 18 litres ammoniaque à 25 %.

b) Cuve de fermentation

Durée de la fermentation	4 h. 30
Débit liquide	12 m ³ /h
Hauteur du liquide dans la cuve	1 m. 20
Proportion liquide/émulsion	212 gr par litre
Hauteur de l'émulsion	3 m. 90
Puissance consommée	90 kw/h
Moteur 145 kw à 500 volts	990 tours

c) Réfrigération

Chaleur à dissiper	630.000 cal./h
Température à maintenir	32°
Surface du réfrigérant	200 m ²
Volume eau de réfrigération	41,5 m ³ /h
Volume air	1.580 m ³ /h
Energie consommée	10 kw

d) Dégazage

Energie électrique 40 kw	n = 750 t/m
--------------------------------	-------------

e) Séparation

Production moyenne par centrifuge (en levure sèche)	120-140 kg./h
Volume de liqueur traitée	11,6 m ³ /h
Consommation eau pour lavage	1.000 litres/h
Puissance consommée par centrifuge	N = 10 kw
	n = 6.000 t/m

Mêmes chiffres pour les autres groupes de centrifuges.

f) Filtre rotatif

Surface filtrante	14 m ²
Puissance	25 kw

g) Base de stockage chauffé

Durée moyenne du stockage	8 h
Capacité	6 m ³
Vapeur pour chauffage	70 kg./h

h) Tambour sécheur

Surface séchante	18,8 m ²
Consommation vapeur	725 kg./h
Puissance	10 Kw

Moteur de commande 1.450 tours avec réducteur
n = 5 à 8 tm.

i) Tambour sécheur avec prévaporateur

Surface séchante	15 m ²
Vapeur	1,5 kg/h
Puissance	7,5 kw

Résumé des consommations dans les 2 marches utilisées :

1^{er} Cas : Culture → 2 Centrifugations → Filtre rotatif → Tambour sécheur.



Cuve Scholler-Tornesh

	Consommations		
	Vapeur kg/h	Énergie kw/h	Eau m ³ /h
Cuve de culture	—	100	41
Dégazage.....	—	40	2
2 centrifugations	—	20	11,5
Filtre rotatif	100	25	0,5
Sécheur	725	10	—
Divers chauffages	75	10	3
Pompes	—	40	—
Total	900	245	58
Soit, par kg levure	7 kg.1	1,95 kw/h	0,43 m ³

2° Cas : Culture → 3 Centrifugations → Précévaporateur → sécheur.

	Vapeur kg/h.	Énergie Kw/h	Eau m ³ /h
	Culture	—	100
Dégazage.....	—	40	2
3 centrifugations	—	30	23
Précévaporateur	275	10	12,5
Séchoir	427	7,5	—
Divers	75	10	—
Pompes	—	40	—
	777	237,5	78,5
Soit par kg levure ...	6,15 kg	1,89 kw/h	0,57 m ³

II. --- Consommation dans une usine produisant 1.150 tonnes levure/an

Main-d'œuvre 27 ouvriers 60.000 heures/an
 Consommation eau 450 m³ par t. levure.

Superphosphate	0,219	255
SO ₄ H ₂	0,065	75
Vapeur	6 t.	7.000 t.

Pour laquelle on a consommé (on brûle la lignine obtenue dans l'hydrolyse du bois) :

Aliments	Par tonne levure	Total
NH ₃ à 20 %	0 t. 508	590 m ³
KCl	0,219	255 t.

Charbon		500 t.
Electricité	6.500 kw/h	7.700.000

**III. — Consommation dans une usine
produisant 1.200 tonnes/an**

Aliments SO_4Am_2 à 20 % azote.....	500 t.
Phosphate à 30 % P_2O_5 ..	300
Kaïnite	53
Sylvine à 60 % K_2O	53
Eau	350.000 m ³
Vapeur	6.500 m ³
Electricité pour air comprimé	1.300.000 kw/h
— divers	800.000 kw/h
Salaires ouvriers	80.000 h
+ appointements	30 % des salaires

L'usine a été construite en 1942. Les investissements ont été de

Matériel	600.000
Bâtiments	100.000
Participation à la Centrale.....	100.000
Total	800.000 R. M.

Voici, pour conclure, les dépenses afférentes aux postes essentiels de transformation. Evaluation effectuée en francs, août 1952.

I. ENERGIE : Par kg. de levure sèche :

Vapeur 6 kg 15 à 2 f.	12,30
Electricité : 1,89 kw/h à 6 f.....	11,4
Eau : 0,45 m ³ à 1,70	2,70
	<u>26,40</u>

II. ALIMENTS : Pour 1.000 tonnes de levure :

	Tonnes	Prix unitaire	Soit
Phosphate d'ammoniaque ..	92,5	85.000	7.862.500
Ammoniaque	446,2	16.710	7.456.600
Chlorure de potassium	50	14.000	700.000
Sulfate de magnésie	37,5	28.600	1.072.600
			<u>17.091.700</u>

Cette valeur est en réalité surestimée, on a compté sur un rendement de 40 kg. de levure pour 100 kg. de réducteurs alors que le rendement est au moins égal à 45 %.

III. MAIN - D'ŒUVRE : 27 ouvriers dont 15 femmes :

60.000 heures	7.000.000
Employés	2.330.000
	<u>9.330.000</u>

RÉCAPITULATION par kg. de levure :

Energie	26,40
Aliments	17,10
Main-d'œuvre	9,33
Total	<u>52,83</u>

Chiffres relatifs à de la levure convenant à l'alimentation humaine, vendue à 250-260 francs le kilo.

