HAL
open science

La lutte contre la pollution des eaux dans les usines de pâte à papier et ses conséquences

Michel Berry, William Varoquaux

To cite this version:

Michel Berry, William Varoquaux. La lutte contre la pollution des eaux dans les usines de pâte à papier et ses conséquences. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1969. hal-01910039

HAL Id: hal-01910039

https://minesparis-psl.hal.science/hal-01910039

Submitted on 31 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

_ Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris _

[20]

Consultation sur place

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES * PARIS * Bibliothèque

IE 1

LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX DANS LES USINES DE PATE A PAPIER ET SES CONSEQUENCES

Promo X 1963

1969 _

M. BERRY et W. VAROQUAUX.

Juin 1969

Consultation
sur place

L'AVENIR DE LA PATE A PAPIER COMPTE TENU DES PROBLEMES POSES PAR L'UTILISATION DE L'EAU

-oOo-

[20]

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES
Bibliothèque
N° I E 1

Directeurs de dossier :

M. MOYEN, Chef du service de l'eau
à la Direction des Mines

M. COSTE, Adjoint au Chef de service

Michel BERRY, Ingénieur des Mines

William VAROQUAUX, Ingénieur des Mines

Promo X 1963

Nous tenons à adresser nos remerciements à :

- MM. ANGELLOZ, Délégué Général de la Fédération des Syndicats de Productions de pâtes pour papiers et textiles artificiels

TOUZET, Directeur de l'Association Forêt-Cellulose (AFOCEL)

VERMELIN, Délégué Général de la Confédération des Papiers, Cartons et Celluloses

HENRI-ROBERT, Ingénieur à la Société Parsons et Wittemore

COGNARD, Directeur Général du Centre Technique de l'Industrie des Papiers, Cartons et Celluloses

MARCE, Directeur Adjoint du Centre Technique de l'Industrie des Papiers, Cartons et Celluloses

REROLLE, Ingénieur à la société "L'Air Liquide"

HURIET, Ingénieur à l'I.R.C.H.A.

- l'Association Française pour l'Etude des Problèmes de l'Eau

- la Société KAMYR,

qui nous ont très courtoisement procuré une documentation, et surtout à Melle COLLIN de la D.I.D.T., dont l'amabilité nous a donné la possibilité d'entrer en contact avec de nombreux industriels et sans laquelle il nous eût été pratiquement impossible de collecter les informations indispensables.

Il va sans dire que nous sommes entièrement responsables de toute omission ou de toute erreur qui aurait pu se glisser dans la présente étude.

M. BERRY W. VAROQUAUX

TABLE DES MATIERES

Pages

CHAPITRE I - LA POLLUTION DES EAUX 1

I - Aspects de la pollution d'une eau

1° - Mesure de la pollution d'une eau

2° - Un phénomène naturel : l'autoépuration

3° - Limite acceptable de pollution d'une eau

II - La loi de 1964 sur l'eau

1° - Organisation

2° - Assiettes et modulations des redevances de pollution

CHAPITRE II - LES USINES DE PATE A PAPIER ET LA POLLUTION DES EAUX 8

2.1 - Implantation géographique des usines de pâte à papier

2.2 - Structure de l'industrie des pâtes à papier en France

2.3 - Description technique des procédés de fabrication de la pâte à papier

2.3.1 - Procédé mécanique

2.3.2 - Pâtes mi-chimiques

2.3.3 - Pâtes chimiques

2.3.3.1 - Procédé acide ou au bisulfite

2.3.3.2 - Procédé basique, à la soude ou au sulfate.

2.3.4 - Pâtes de plantes annuelles

2.3.5 - Blanchiment des pâtes

2.4 - Niveau de pollution par procédé

2.4.1 - Pâte mécanique

2.4.2 - Pâtes mi-chimiques

2.4.3 - Pâtes chimiques

2.4.3.1 - Procédé acide

2.4.3.2 - Procédé alcalin.

.../...

Table des matières (suite)

Pages

CHAPITRE III - LUTTE CONTRE LA POLLUTION 37

3.1 - Adaptation des techniques de production

3.1.1 - Améliorations techniques

3.1.1.1 - Récupération des fuites
3.1.1.2 - Recyclages
3.1.1.3 - Récupération des fibres
3.1.1.4 - Sélection des effluents

3.1.2 - Changements de techniques

3.1.2.1 - Abandon du bisulfite de calcium
3.1.2.2 - Pâtes mi-chimiques

3.2 - L'épuration des eaux

3.2.1 - Les traitements primaires
3.2.2 - Les traitements secondaires actuellement connus

3.2.2.1 - Les boues activées
3.2.2.2 - L'oxydation totale
3.2.2.3 - Les lits bactériens
3.2.2.4 - Lagunage, lagunage aéré

3.2.3 - Traitements en cours d'essai semi-industriels.

3.2.3.1 - Décoloration par les amines
3.2.3.2 - Décoloration par la chaux massive
3.2.3.3 - Traitement des condensats des pâtes kraft

3.2.4 - Traitement des boues

3.2.4.1 - Concentration et abandon dans des carrières
3.2.4.2 - Incinération
3.2.4.3 - Digestion des boues

CHAPITRE IV - DONNES ECONOMIQUES - 56

4.1 - Coût de l'épuration biologique

4.1.1 - Investissements
4.1.2 - Coût d'exploitation
4.1.3 - Comparaison avec d'autres techniques d'épuration

.../...

Pages

CHAPITRE IV - DONNES ECONOMIQUES (suite)

4.2 - Comparaison du coût de l'épuration et des redevances de pollution

4.2.1 - Epuration primaire

4.2.1.1 - Estimation du coût d'investissement
4.2.1.2 - Economie réalisée sur le niveau des redevances
4.2.1.3 - Conclusion

4.2.2 - Epuration secondaire

4.2.2.1 - Niveau de la redevance sans épuration biologique
4.2.2.2 - Coût du traitement biologique
4.2.2.3 - Conclusion

4.3 - Incidence sur les prix de revient de l'épuration

4.3.1 - Traitement primaire
4.3.2 - Traitement secondaire

4.4 - Remarque : utilisation du pouvoir auto-épurateur

CHAPITRE V - SITUATION ECONOMIQUE DES USINES DE PATE A PAPIER EN FRANCE 63

5.1 - Caractéristiques et spécificité de l'activité trituration des pâtes

5.1.1 - Le marché des pâtes en France
5.1.2 - La production de pâte en France
5.1.3 - La politique forestière française

5.1.3.1 - Les principaux consommateurs de bois
5.1.3.2 - Prix du bois et perspective des évolution du prix
5.1.3.3 - Coût de transport du bois
5.1.3.4 - Prix du bois dans la pâte

5.1.4 - Les investissements dans l'industrie des pâtes à papier
5.1.5 - Politique papetière européenne
5.1.6 - Le marché mondial des pâtes à papier
5.1.7 - Les producteurs de pâte dans la C.E.E.

5.2 - Résultats financiers des producteurs de pâte en France

5.2.1 - Analyse financière des informations inscrites au BALO concernant l'industrie des pâtes et papiers en 1966 et 1967.
5.2.2 - Essai d'analyse du secteur spécifique des pâtes

5.3 - Conclusion

.../...

Pages

CHAPITRE VI - CONCLUSION 88

CADRE ENVISAGE POUR RESOUDRE LE PROBLEME DE LA POLLUTION DES EAUX RESIDUAIRES DES USINES DE PATE A PAPIER

6.1 - Les solutions techniques au problème

6.1.1 - Traitement des effluents liquides

6.1.1.1 - Traitements primaires
6.1.1.2 - Traitements biologiques

6.1.2 - Modification des procédés

6.2 - Réduction de la pollution dans la fabrication de pâte, dans le cadre législatif actuel

6.3 - Actions possibles de l'administration

6.3.1 - Action sur les installations existantes
6.3.2 - Action sur les installarions à construire, ou sur les investissements visant à accroître la production
6.3.3 - Cadre institutionnel dans certains pays étrangers
6.3.4 - Conclusion

CHAPITRE VII - ADDITIF - 99

Procédé technique de lutte contre la pollution atmosphérique dans une unité de production Kraft (SKOGHALL)

7.1 - Origine des odeurs
7.2 - Lutte contre la pollution par les gaz non condensables
7.3 - Condensats du lessiveur
7.4 - Condensats d'évaporation
7.5 - Chaudière de récupération
7.6 - Aspect économique de la lutte contre la pollution
7.7 - Développement

CHAPITRE I - LA POLLUTION DES EAUX

Une des utilisations les plus importantes de l'eau a toujours été de servir au transport et à l'élimination des déchets, qu'elle soit utilisée par un particulier ou par une industrie.

Or, l'urbanisation et l'industrie se développent à un très grand rythme alors que les ressources en eau restent identiques ; il en résulte une pollution de plus en plus grande des rivières et même en certains endroits une situation qui serait très critique si on ne s'y attaquait pas.

C'est ainsi que la plupart des parlements des pays industriellement développés ont été amené à légiférer dans le domaine de l'eau.

I - ASPECTS DE LA POLLUTION D'UNE EAU

1) - Mesure de la pollution d'une eau

On peut trouver dans une eau :

- des produits toxiques,
- des matières en suspension (organiques ou minérales),
- des matières dissoutes.

Les produits toxiques peuvent tuer les poissons, rendre l'eau impropre à l'utilisation domestique, aux loisirs, etc...Aussi il existe une législation interdisant le rejet de certains produits cyanures, corps hydroxylés, par exemple.

Les matières en suspension sont gênantes par la formation de vases et par le fait qu'elles modifient la transparence de l'eau et ralentissent ainsi l'action chlorophyllienne qui règle la vie de l'ensemble des organismes, plantes, animaux, etc... ; la quantité d'oxygène dissous a tendance à baisser et l'insuffisance d'oxygène peut arriver à tuer les poissons.

Les matières organiques parmi lesquelles on distingue les matières biodégradables et les matières non biodégradables.

....

Les matières organiques biodégradables lorsqu'elles sont déversées dans l'eau, sont oxydées et subissent une minéralisation sous l'effet d'actions de microorganismes : bactéries protozoaires, champignons, etc.... Cette action consomme une certaine quantité d'oxygène. On appelle demande biochimique d'oxygène (D.B.O.) le poids d'oxygène nécessaire à la décomposition biologique totale des matières organiques.

Cependant il existe des matières organiques non dégradables qui résistent à l'attaque des microorganismes de l'eau.

On peut faire une mesure de toutes les matières oxydables (matières organiques non dégradables, dégradables, réducteurs minéraux) présentes dans l'effluent en réalisant leur oxydation par un oxydant très énergique (acide chronique ou sulfurique); on obtient ainsi la demande chimique d'oxygène (D.C.O.) qui est le poids d'oxygène nécessaire à l'oxydation totale des matières polluantes de l'effluent.

En France, les Agences financières de bassin retiennent trois paramètres pour caractériser la pollution :

. le taux de matières en suspension, la $D.B.O._5$ (*), demande biologique d'oxygène au bout de 5 jours (c'est donc une partie seulement de la D.B.O. totale), et la D.C.O. (*).

Quelque fois, il est ajouté un quatrième paramètre qui caractérise la teneur en sels dissous : c'est la conductivité de l'eau.

Imhoff a calculé en Allemagne les charges de pollution par habitant et par jour (en grammes) :

	MATIERES			$D\ B\ O_5$
	Minérales	Organiques	Totales	
Matières en suspension				
. Décantables	20	40	60	19
. Non décantables	10	20	30	12) (35
Matières dissoutes	50	50	100	23)
TOTAL	80	110	190	54

(*) Sur eau décantée pendant 2 heures.

....

La D.B.O. produite par un habitant servait autrefois d'unité de mesure de pollution un habitant équivalent représente la production en un jour de 54 g. de $D.B.O._5$.

Il convient cependant de remarquer que ce calcul en habitant-équivalent est rarement représentatif de la pollution d'un effluent industriel. En effet, certains effluents n'ont pas de D.B.O. (lavage de la houille par exemple) alors que d'autres ont une D.B.O. très élevée qui est d'ailleurs due en grande partie aux matières en suspension (tanneries).

2) - Un phénomène naturel : l'autoépuration

Lorsqu'un effluent est déversé dans une rivière la nature réagit contre l'altération à la pureté de l'eau : les matières en suspension se déposent et les matières organiques biodégradables sont oxydées et subissent une minéralisation. Selon le taux d'oxygène dissous dans l'eau, cette décomposition pourra être aérobie ou anaérobie. Il faut faire en sorte qu'elle soit toujours aérobie car, dans le cas contraire, on a une putréfaction qui est génératrice de nuisances (odeurs) et de formations de gaz nocifs (H_2S).

Le pouvoir auto-épurateur n'est pas constant. Il varie avec :

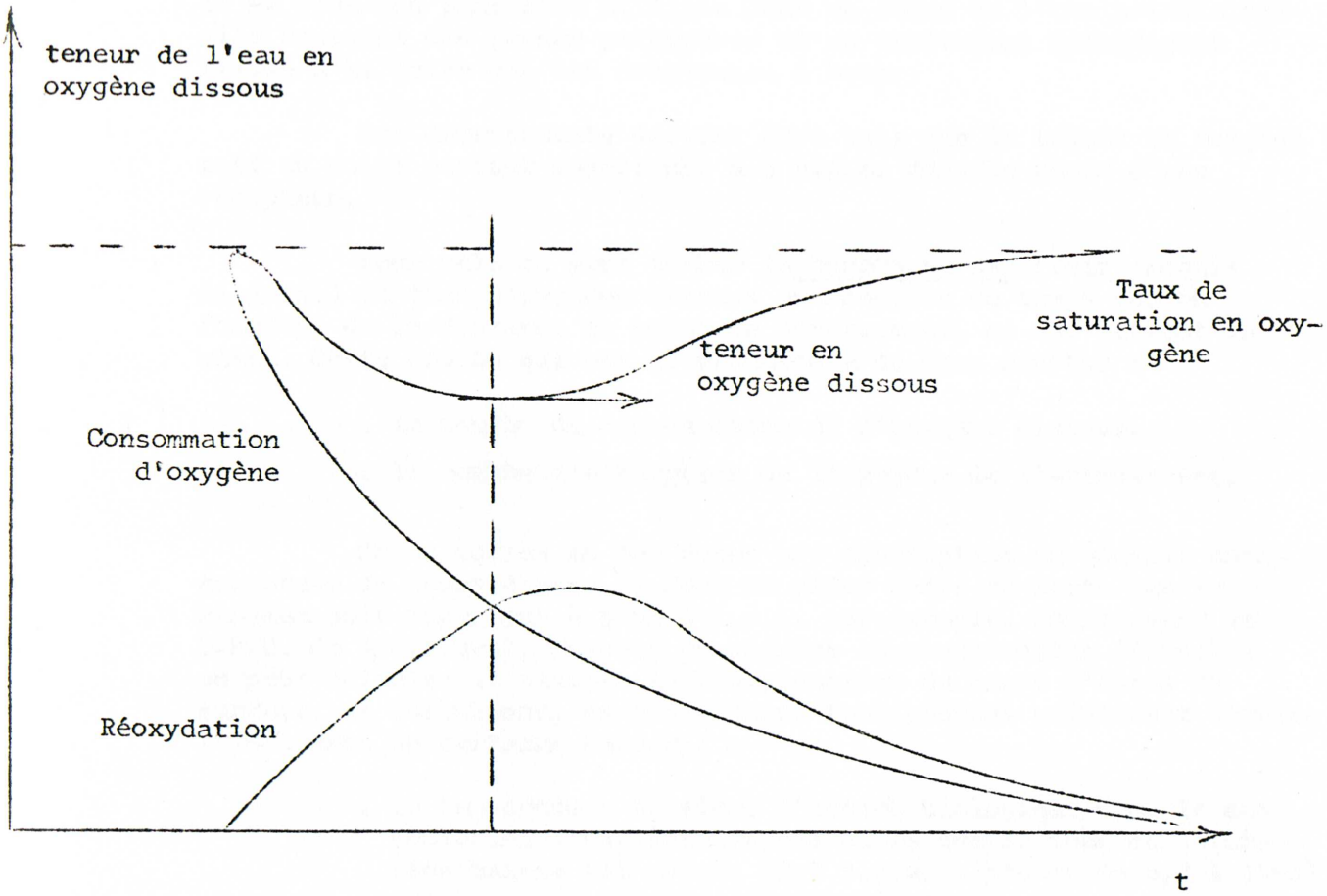
- la température qui règle la vitesse des réactions; l'épuration sera donc d'autant plus rapide que la température de l'eau est plus élevée (jusqu'à 45° environ),
- le débit qui détermine le taux de dilution,
- le type de pollution.

Ce pouvoir auto-épurateur est une richesse naturelle, c'est une épuration gratuite; il convient donc d'en profiter. En fait il faudrait concevoir l'épuration d'un effluent avant son rejet dans l'eau comme un auxiliaire aux phénomènes naturels.

3) - Limite acceptable de pollution d'une eau

Pour ce qui concerne la vie des poissons, les deux éléments essentiels sont la toxicité de l'eau et la teneur en oxygène dissous. Nous avons déjà dit que le rejet des produits toxiques est interdit; nous allons donc nous intéresser à la teneur en oxygène dissous. La teneur limite est à peu près de 4 à 5 milligrammes par litre pour les

....


teneur de l'eau en
oxygène dissous
Taux de
saturation en oxy-
gène
teneur en
oxygène dissous
Consommation
d'oxygène
Réoxydation
t

cours d'eau à truites et de 3 milligrammes par litre pour les autres cours d'eau. D'ailleurs, la vie des poissons n'est pas seule concernée une eau à 3 p.p.m. n'est en général pas utilisable par une industrie et ne peut non plus être utilisée pour en faire de l'eau potable car elle contient des germes pathogènes et un traitement insuffisant risque d'en faire une eau dangereuse à boire.

Les déversements doivent être tels que la teneur en oxygène soit au moins partout supérieure à 3 p.p.m. dans le cours d'eau récepteur.

Pour cela on peut tracer la courbe en sac (Voir croquis ci-joint) de taux d'oxygène dissous en fonction du temps (ou en fonction de la distance au point de déversement, ce qui revient au même). Cette courbe qui est la résultante de deux courbes :

- la courbe de consommation de l'oxygène dissous,
- la courbe d'absorption de l'oxygène de l'athmosphère.

Cette courbe en sac donne une description du pouvoir auto-épurateur du cours d'eau. Il faut en effet faire en sorte que le minimum soit supérieur à 3 ou 4 p.p.m. par exemple. Connaissant la D.B.O. de l'effluent, on peut en déduire la consommation d'oxygène ; on peut calculer la vitesse de réoxygénation du cours d'après sa surface, sa turbulence, sa profondeur. Nous pouvons maintenant décrire l'influence de certains facteurs :

- la température accélère l'action biologique donc la consommation d'oxygène dissous alors que le taux de saturation baisse (il est de 12,7 p.p.m. à 5°C et de 8,2 à 25°C) ainsi que la vitesse de réoxygénation.
  L'épuration biologique va donc plus vite (ce qui est avantageux s'il faut que l'épuration soit faite avant une prise d'eau) mais le taux d'oxygène dissous baisse et finalement pour le minimum soit à plus de 3 p.p.m., il faudra épurer plus l'effluent.

- le débit, la consommation totale d'oxygène est à peu près la même mais la consommation par unite de volume est diminuée; le minimum de la courbe en sac remonte et la capacité d'absorption augmente avec le débit.

En conclusion : Ces deux éléments font qu' en été, alors que les débits sont faibles et les températures élevées, il faudra généralement épurer soigneusement les effluents. En hiver, au contraire, il y a beaucoup moins besoin d'épurer les effluents avant leur rejet.

Remarque : les matières en suspension se déposent en forme de boues dans le lit du cours d'eau. En été, l'activité bactérienne étant très grande, elles peuvent être décomposées; ceci fait encore baisser la teneur en oxygène et entraîne couramment des conditions anaérobies.

....

De ce point de vue, les traitements primaires (décantation) sont souvent beaucoup plus important pour l'état du cours d'eau que les traitements secondaires (biologiques) [d'après Imhoff].

II - LA LOI DE 1964 SUR L'EAU -

Nous ne nous étendrons pas sur la loi sur l'eau, car on peut la trouver expliquée dans de nombreuses publications.

1° - Organisation :

La France est divisée en six bassins.

Au niveau de chaque bassin, un comité de bassin, organisme consultatif, approuve les programmes d'intervention des agences. Les agences financières de bassin, organismes financièrement autonomes, ont un rôle promoteur à l'intérieur du bassin, avec comme objectif l'augmentation de la quantité et l'amélioration de la qualité. Elles ne sont pas maîtres d'oeuvres, ni maîtres d'ouvrages, mais elles contribuent à la réalisation des travaux par l'octroi de prêts et de subventions. Leur objectif est de faciliter la réalisation des travaux d'intérêt commun dans le cadre des programmes généraux d'aménagement des bassins.

Les aides financières qu'entraînent ces travaux déterminent un certain échéancier de dépenses. Comme les agences sont autonomes, leur budget doit être équilibré; elles sont donc habilitées à percevoir des redevances sur les personnes publiques ou privées "dans la mesure où ces personnes auront rendu nécessaire ou utile l'intervention de l'agence ou dans la mesure où elles y trouvent leur intérêt".

On voit donc que les redevances des agences découlent de l'ampleur des travaux à réaliser dans le bassin. En fait, le but des agences n'est pas d'obtenir l'optimum économique, il est d'aider à la réalisation de certaines installations indispensables dans le cadre de l'intérêt général.

2° - Assiettes et modulations des redevances de pollution -

L'assiette tient compte du taux de matières en suspension (Mes) et du flux polluant réducteur qui est pris égal à $\frac{DCO + 2DBO5}{3}$

(Dans certains bassins, on y ajoute une redevance basée sur la salinité Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse). Les redevances ont pour assiette la quantité de matières rejetées en un jour au cours du mois d'activité maximale. D'après les programmes actuels d'intervention des agences financières de bassin, ces redevances de pollution varient de 10 à 35 F par an par Kg/j de matières servant à déterminer l'assiette.

.../...

De plus, à l'intérieur de zones comprises dans chacun des six bassins, il est prévu une modulation du tarif de base pour tenir compte de la nature des cours d'eau récepteurs. Les taux varient en général dans le rapport 1 à 3.

*

* *

CHAPITRE II - LES USINES DE PATES A PAPIER ET LA POLLUTION DES EAUX

2.1 - Implantation géographique des usines de pâte à papier

Il faut rechercher dans l'histoire de notre pays et dans les sources d'approvisionnement en matières premières l'origine de l'implantation des usines de pâte à papier.

Les premiers moulins à papier que l'on puisse identifier sont ceux d'Ambert en 1326, mais ils n'ont qu'une valeur de curiosité.

Le développement de la papeterie moderne a commencé lorsque l'homme put s'affranchir de la chiffe comme matière première, et lui substituer le bois.

C'est vers le milieu du XIXème siècle que les industriels songèrent à s'installer à proximité des massifs forestiers de résineux en aménageant des chutes d'eau pour profiter d'une énergie bon marché. Ce sont les massifs montagneux et tout particulièrement les Alpes et les Vosges qui devinrent les lieux d'implantation de la papeterie moderne.

Au début du XXème siècle, avec les améliorations du commerce international, la maîtrise de la production électrique à bon marché, les usines de pâte se libèrent de ces sujétions pour apparaître aux voisinages des ports, Calais et Rouen, en utilisant du bois d'importation, ou dans le récent massif forestier des Landes.

Le Massif Central s'est trouvé être lui aussi un lieu de prédilection, notamment dans la production de pâte à la paille qui sert de matière première au carton ondulé de caisserie.

2.2 - Structure de l'industrie des pâtes à papier en France

Le chiffre d'affaire de la profession est en 1965 de 845 millions de francs (Hors taxes; le chiffre est imprécis car de nombreuses usines sont intégrées et ne commercialisent pas leur pâte).

La valeur ajoutée est de 148,5 millions de francs, dont 102 en salaires et appointements et 46 de charges et impôts sur les salaires.

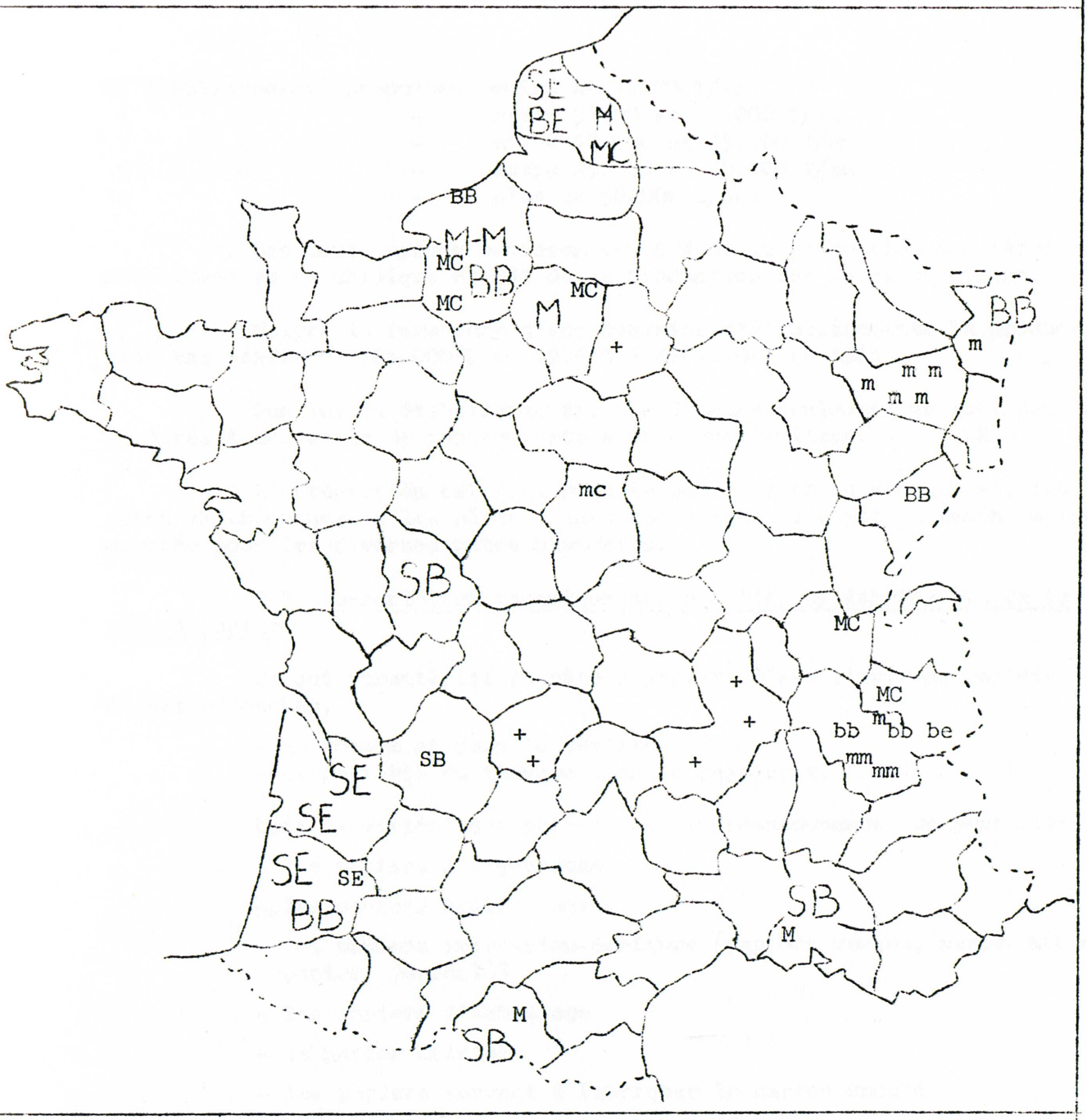
Il y a 7.900 personnes employées.

Leur effort d'amélioration de la rentabilité a provoqué la fermeture de certains établissements. De 52 en 1959, le nombre est tombé à 44 en 1966.

.../...

PATES A PAPIER

REPARTITION DES ENTREPRISES



LEGENDE

Production en tonnes annuelle :

Petits caractères : - de 10.000
Caractères moyens : 10.000/30.000
gros caractères : + de 30.000

M Pâte mécanique
MC Pâte mi-chimique
BE Bisulfite écrue
BB Bisulfite blanchie
SE Soude écrue
SB Soude blanchie
\+ Paille

16	établissements	produisent	moins de 5.000 T/an
4	-	-	entre 5.000 et 10.000 T/an
7	-	-	entre 10.000 et 25.000 T/an
5	-	-	entre 25.000 et 50.000 T/an
12	-	-	plus de 50.000 T/an.

Ces douze usines représentent 63% de la production des pâtes mécaniques et mi-chimique et 81% de la production des pâtes chimiques.

Malgré la fermeture d'une douzaine d'établissements, la production est passée de 765.000 T en 1956 à 1 470.000 T en 1965.

Sur les 44 établissements, une dizaine seulement ne sont pas intégrés à une usine de papiers-cartons et commercialisent de la pâte.

L'intégration est très poussée pour les pâtes mécaniques, les pâtes mi-chimiques et les pâtes à la soude écrue. Elle est nettement moins marquée pour les diverses pâtes blanchies.

2.3 - Description technique des procédés de fabrication de la pâte à papier

Ce qui caractérise la pâte à papier, c'est l'extrême variété de ses débouchés,

- en chimie et dans le textile
- et pour 95% du tonnage dans la papeterie.

Mais la variété des papiers est impressionnante. On peut citer :

- les papiers à cigarettes
- les papiers hygiéniques
- les papiers impression-écriture (papiers vergés, papier bible, papier journal))
- les papiers d'emballage
- le papier cristal
- les papiers servant à fabriquer le carton ondulé
- les papiers à usages industriels (condensateurs ...)
- les papiers-tissus utilisés comme mouchoirs, servant à la confection.

En se restreignant aux pâtes de cellulose fabriquées à partir du bois et de la paille (d'autres matières premières, l'alfa, le lin, le chanvre, le coton, la récupération de vieux papiers ... Peuvent donner des pâtes). On peut distinguer trois catégories de pâtes. Ce critère de caractérisation est le rendement, le poids de pâte produite à partir de un kilogramme de bois a une siccité déterminée. Cette notion est très importante en papeterie, étant donné la part importante qu'occupe le coût du bois dans le prix du produit fini.

.../...

2.3.1 - C'est le procédé mécanique qui a le meilleur rendement, puisqu'on peut retrouver dans la pâte pratiquement tous les constituants du bois : la cellulose, les hémicelluloses, la lignines et les résines. Seuls les sucres et la farine du bois sont perdus. Le rendement varie entre 92 et 95%

La pâte mécanique sert à la fabrication du papier journal, des papiers pour magazines et de certains cartons.

Ces papiers sont fabriqués à partir de mélanges de pâtes qui améliorent les caractéristiques mécaniques de la pâte mécanique et des charges (talc, kaolin, oxyde .....) qui blanchissent le papier le rendent plus opaque.

A l'origine, la pâte mécanique était produite exclusivement à partir de résineux (épicéa, sapin et pin sylvestre). De nos jours certains feuillus (tremble, peuplier et bouleau) donnent des résultats satisfaisants.

Une unité de production moderne de pâte mécanique a une grosse capacité, de l'ordre de 1.000 T/j et une machine à papier rapide (1000m/mn) lui est toujours associée, ce qui permet d'utiliser directement la pâte liquide. On dit qu'il s'agit d'unités intégrées.

Ce principe de la préparation de la pâte mécanique est de raper le bois.

La tendance actuelle de la technique est de renoncer au défibrage qui est trop brutal, il détruit les fibres, les transforme en farine. La consommation d'énergie est plus importante en travaillant avec les désintégrateurs, mais la pâte est de meilleure qualité.

La production française annuelle de pâte mécanique est de 472.000 tonnes. Les usines sont situées dans les Alpes, dans les Vosges et dans la région de Rouen à partir de bois d'importation.

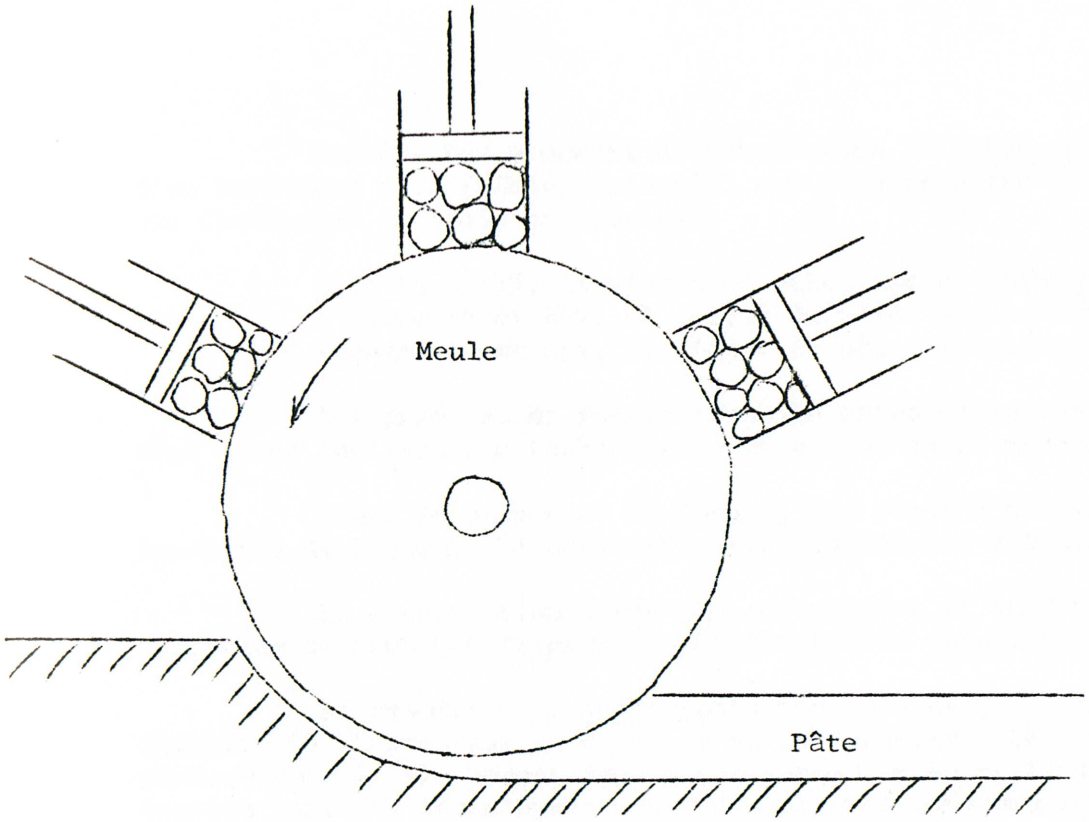
Cette activité ne parait pas avoir beaucoup d'avenir en France, à cause de la très mince concurrence des pays nordiques, de la réduction à moyen terme des importations de bois de papeterie et de la structure inadaptée de cette industrie en France.

Cette branche est assez fortement capitalistique puisque le rapport du Vème plan retient comme valeur d'investissement d'extension 1000 F pour accroître la capacité de production annuelle de 1 tonne.

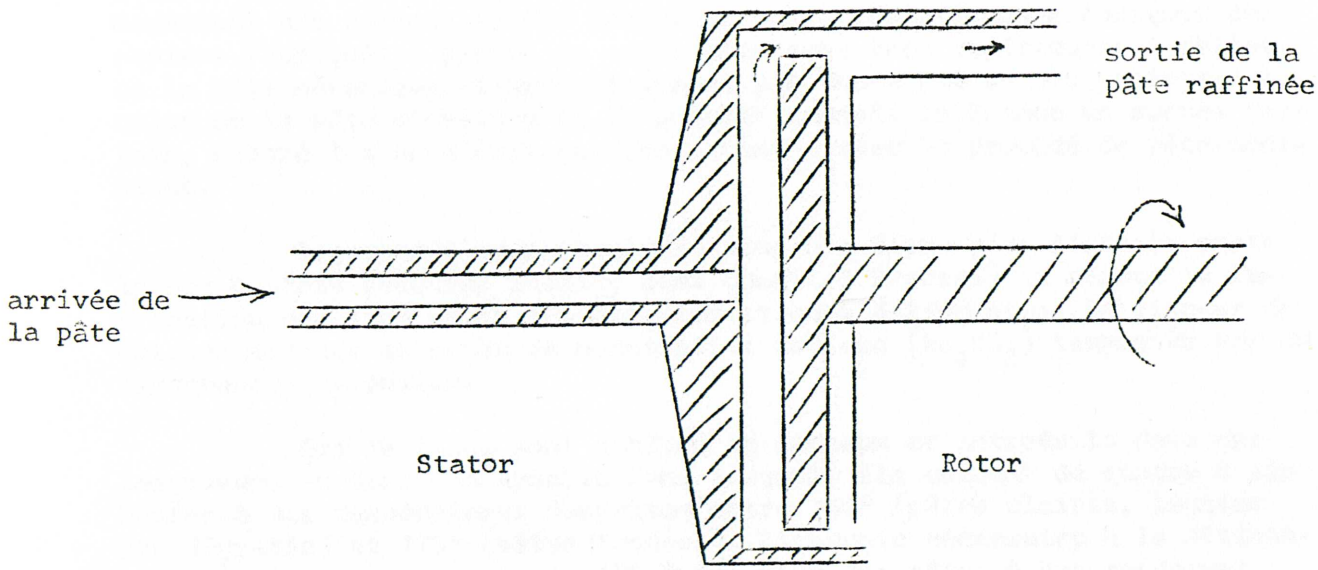
Il faut de plus compter l'investissement de la machine à papier qui est située en aval de la fabrique de pâte.

.../...

DEFIBREUR A MEULE



DESINTEGRATEUR A DISQUE



2.3.2 - Les procédés de fabrication de pâtes mi-chimiques sont d'un rendement plus faible, puisqu'il est compris entre 55 et 95%. On peut les distinguer en trois catégories :

- de 85 à 95%, il s'agit de pâtes mécano-chimiques
- entre 65 et 85%, il s'agit de pâtes mi-chimiques
- entre 55 et 65%, il s'agit de pâtes chimiques à haut rendement.

Les procédés de fabrication des pâtes mécano-chimiques correspondent à une amélioration technique de celui des pâtes mécaniques.

Avant de passer au défibrage, les rondins ou les copeaux sont imprégnés de liqueur. Le bois est ainsi plus facile à travailler.

La consommation d'énergie est moindre et la fibre est mieux respectée si bien que le papier a de meilleures caractéristiques physiques.

Le procédé à la soude (cold soda process) est applicable aux feuillus (à l'exception du chêne et du châtaignier). Les copeaux séjournent pendant deux à trois heures dans une solution de soude tiède. Ils passent ensuite dans des désintégrateurs à disques. La consommation d'énergie est de 800 Kwh/T. Ce procédé ne connaît pas d'application en France.

Le procédé au monosulfite (Chemi-groundwood) consiste à faire passer les rondins dans un lessiveur. A la suite d'une cuisson modérée à 150° pendant trois heures, en présence de monosulfite de sodium, le bois se ramollit et se désintègre facilement dans des défibreurs à meule moyennant une énergie de 600 Kwh/t. Les caractéristiques mécaniques des papiers fabriqués à partir de cette pâte sont très supérieures à celles de la pâte mécanique. L'investissement par tonne est un peu supérieur à celui de la pâte mécanique et le procédé connaît en France un succès certain, malgré les handicaps qui sont communs avec le procédé de pâte-mécanique.

Le procédé au monosulfite sous une forme plus élaborée porte le nom de NSSC (Neutral Sulfite Semi Chemical Process) et permet la fabrication de pâtes ayant des caractéristiques différentes. La liqueur de cuisson est une solution de monosulfite sodique (Na_2SO_3) tamponnée par du bicarbonate de sodium.

Les feuillus sont débités en copeaux et introduits dans des lessiveurs en acier inoxydable dans lesquels ils cuisent de quatre à six heures à des températures comprises entre 140° (pâtes claires, lignine peu dégradée) et 175° (pâtes foncées). L'énergie nécessaire à la désintégration des copeaux varie de 400 Kwh/t pour les pâtes à bas rendement (65 à 70%) à 800 Kwh/t pour les pâtes à haut rendement (80 à 85%).

.../...

Les pâtes chimiques à haut rendement (55 à 70%) rentrent dans la catégorie des pâtes mi-chimiques. La mise au point des processus de fabrication est très récente puisque c'est en 1950 que débutèrent les travaux industriels sur les pâtes bisulfitiques à haut rendement en Suède.

Pâtes au bisulfite

Le matériel et le processus sont les mêmes que pour les pâtes à bas rendement. Seules les durées et températures de cuisson sont différentes : trois heures et 125°.

La pâte cuite passe dans des désintégrateurs à disques.

Statistiquement, ces pâtes sont classées avec les pâtes au bisulfite traditionnelles et il est bien difficile de faire apparaître l'ampleur des réalisations auxquelles elles ont donné lieu.

Il s'agit plus d'une évolution que d'un processus nouveau dans l'art de fabriquer des pâtes : les producteurs y trouvant leur intérêt ont eu tendance à déplacer leur production vers des pâtes à plus haut rendement.

Notons que le rendement du procédé fait l'objet de mesures fréquentes de la part des industriels. Ils particulièrement attentifs à un indice dit de Roé qui traduit le pourcentage de lignine restant dans la pâte et qui est un bon indice du rendement.

Pâtes au sulfate

Comme pour les procédés au bisulfite, il s'agit de la part des industriels d'une évolution des pâtes à bas rendement.

Le matériel est le même que dans la méthode classique mais la cuisson est pratiquée à des températures plus basses et la désintégration s'effectue à chaud dans des appareils à disques en présence de liqueur noire.

Des unités intégrées extrêmement puissantes (plus de 1000 T/j) ont été réalisées au Canada : elles fabriquent un papier de couverture pour les cartons ondulés.

- les pâtes à bas rendement (65%) rentrent dans la composition des papiers impression-écriture de belle qualité.

.../...

- Les pâtes à rendement plus élevé (75%) remplacent les pâtes mécaniques de résineux dans la fabrication du papier journal ou pour magazine.

- Les pâtes à haut rendement (85%) entrent dans la préparation du papier cannelure pour carton ondulé.

La production en France s'est fortement développée au cours des dernières années pour atteindre 117.000 tonnes en 1967 (Accroissement constaté entre 1962 et 1967 : 7,5% par an) car le mode de fabrication est assez adapté à la structure française et qu'il existait une matière première, les feuillus qui n'étaient pas bien valorisés jusqu'alors.

Le développement doit cependant considérablement diminuer au cours des prochaines années. La pollution des rivières qui sont souvent le seul moyen d'évacuation des liqueurs résiduaires dont la concentration en matières organiques est trop basse pour permettre une combustion rentable, est très importante.

L'investissement d'extension par tonne de pâte annuelle est de l'ordre de 1.000 F.

2.3.3 - La pâte chimique correspond à un rendement de 45 à 65%. Très délignifiée, la pâte est composée de cellulose pratiquement pure. Elle peut être utilisée blanchie dans l'industrie textile ou chimique. En papeterie, elle permet la réalisation de papiers de grande qualité : papier impression-écriture ou papier d'emballage à hautes caractéristiques mécaniques.

Le principe des processus est la cuisson à haute température (120 à 180°) et sous forte pression (jusqu'à 10 Kg/cm2) du bois en copeaux préalablement imprégnés. Cette cuisson s'effectue dans des réacteurs qui portent le nom de "lessiveurs" (digesters). A l'origine, ces lessiveurs étaient d'énormes cocottes-minutes. La cuisson était discontinue. La Société Suédoise d'engineering industriel KAMYR a mis au point un matériel de cuisson en continu, qui permet un abaissement considérable du prix de revient de la pâte.

La cuisson terminée les incrustants sont dissous dans la liqueur aqueuse et la cellulose est "désintégrée" par un soufflage à la vapeur qui la rejette du lessiveur vers le "blow-tank" réservoir qui sert de réceptacle à la pâte qui, sortant d'un lessiveur à haute pression et haute température,entre spontanément en ébullition. Des condenseurs récupèrent les calories de la vapeur qui s'échappe.

Ce procédé présente des faiblesses. Outre les émissions de vapeur intempestives, la lessive étant très tensio-active, les bulles de vapeur font apparaître une mousse qu'il n'est pas possible de condenser; le blow-tank déborde.

.../...

KAMYR a mis au point un nouveau procédé de refroidissement de la pâte et de prélavage en continu par diffusion en sortie de lessiveurs (voir chéma ci-joint). Ces nouveaux lessiveurs, dont aucun exemplaire ne fonctionne en France, doivent permettre d'éliminer le blow-tank.

La pâte est ensuite lavée. Le procédé primitif consiste à répandre de l'eau sur la pâte contenue dans une grande cuve. Les suédois ont ensuite mis au point des filtres rotatifs lavant la pâte à contre-courant, ce qui permet d'économiser beaucoup d'eau (voir schéma ci-joint). L'eau de lavage, très chargée en liqueur, peut économiquement être concentrée et brûlée. La technique moderne semble s'orienter vers des diffuseurs continus, dont le principe de fonctionnement ressemble aux filtres, puisqu'il s'agit de lavage à contre courant, mais qui évitent d'utiliser des pièces mécaniques fragiles.

La liqueur de cuisson et les eaux de lavage peuvent être concentrées dans une chaîne d'évaporateurs à étages multiples (Kestner) pour être finalement brûlées. Calories et matières minérales récupérées équilibrent le bilan de l'opération.

Deux catégories de liqueurs sont utilisées.

2.3.3.1 - Le procédé acide ou au bisulfite (de sodium, de magnésium, d'amonium ou de calcium). L'élément actif est l'anhydride sulfureux SO_2 qui "sulfone" à chaud la lignine et la transforme en acides ligno-sulfoniques solubles qui sont éliminés en même temps qu'une partie des hémicelluloses.

Avec le bisulfite de calcium, la cuisson à 130° a une durée de 6 à 8 heures et le cycle de cuisson est de 8 à 12 heures. Le bois est généralement du résineux (épicéa, sapin et pin sylvestre) mais les feuillus commencent à être utilisés (bouleau).

Une très brillante amélioration a été apportée au procédé quand on a subsitué les bases Na, Mg ou Nt/3 à la base calcium, insoluble. Il a été alors possible d'envisager la concentration, puis la combustion de la liqueur résiduaire.

La liqueur concentrée contient 50 à 55% de matières sèches et a un pouvoir calorifique de 1.700 à 1.800

Lors de cette combustion la solution ligno-sulfonique s'oxyde, régénérant SO_2 et l'oxyde de la base utilisée. Le gaz sulfureux est introduit dans une série de bassins, des scrublers, contenant une émulsion de l'oxyde de la base. Dans une tour de fortification où l'on rajoute de l'anhydride sulfureux, la liqueur normale contenant 5 à 6% de SO_2 total, dont 1 à 1,2% combiné sous forme de bisulfite, est régénérée.

Le pourcentage de récupération varie entre 75 et 95%.

.../...

La fibre de cellulose est assez dégradée, si bien que les qualités mécaniques du papier sont médiocres.

On peut facilement blanchir les pâtes bisulfitiques, d'où leur intérêt pour le papier d'impression.

La dimension type d'une unité de production est de l'ordre de 300 T/j et la tendance actuelle est de blanchir la pâte écrue ainsi obtenue de façon à la valoriser.

Les papiers d'impression-écriture demandent des dosages savants de pâtes d'origines diverses (mécanique, semi-chimique, paille ...) et la production de papier étant très diversifiée, l'intégration est peu courante avec ce procédé.

La production de bisulfite écrue après avoir baissé au cours des dernières années, doit stagner dans les prochaines années à 100.000 tonnes. Ceci tient en partie à la concurrence du procédé NSSC, dont le rendement est meilleur pour des qualités de pâtes équivalentes.

Le bisulfite blanchi a, par contre, un certain avenir. En 1970, la production prévue est de 330.000 tonnes après avoir connu entre 1965 et 1970 un accroissement de 33,1% (soit un accroissement annuel de 6,7%).

2.3.3.2 - Dans le procédé basique, à la soude ou au sulfate, on utilise comme réactif, non le soufre mais la soude caustique NaOH, tamponnée par du sulfure de sodium (Na_2S) dont le rôle est de régénérer la soude au cours de la cuisson, suivant la réaction d'équilibre,

$$Na_2S + 2H_2O = 2\ NaOH + SH_2$$

et de créer des polysulfures de lignine solubles.

Cette méthode, largement utilisée sur la surface du globe, permet de ménager la cellule et d'obtenir des pâtes utilisées pour la fabrication des papiers d'emballage (papier Kraft).

La pâte "au sulfate" est fabriquée en quantités considérables dans les régions tempérées ou elle a employé au début des conifères (épicéas) et en France, dès 1925, le pin maritime des Landes.

Depuis, le procédé s'est adapté avec succès à toutes les essences de feuillus des climats tempérés (hêtre, tremble, peuplier, chêne, châtaignier, eucalyptus ...).

.../...

La cuisson est menée à des températures assez élevées (140° C pour un rendement de 60%, entre 160 et 180° C pour des rendements plus faibles de l'ordre de 45%) et le temps de cuisson est de deux à six heures. Le sulfure de sodium donne, pendant la cuisson, des composés très volatils avec la lignine, les mercaptans d'odeur nauséabonde et qui s'échappent dans l'atmosphère malgré les précautions que l'on peut prendre.

La pâte passe ensuite dans des désintégrateurs avant d'être lavée.

L'intérêt du procédé, outre les qualités mécaniques exceptionnelles de la pâte ainsi obtenue, réside dans le fait que les produits chimiques sont récupérés et recyclés, que la lignine, source importante de pollution, est brûlée, et que l'on obtient comme sous-produit une vapeur qui permet d'équilibrer le bilan énergétique.

La liqueur noire, résultat de la cuisson, qui renferme des lignates de soude, des hémicelluloses dégradées et de la résine est concentrée à 65% par évaporation dans des "Kestner", comme pour le procédé au bisulfite puis envoyée dans une chaudière de récupération où la combustion, en atmosphère réductrice, permet la régénération du sulfure de sodium et des carbonates qui, après caustification à la chaux, régénèrent la soude, suivant la réaction équilibrée de Solvay,

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2\ NaOH + CO_3Ca_2$$

donc la liqueur de cuisson ou liqueur blanche.

Le pourcentage de récupération qui est en moyenne de l'ordre de 90% peut, dans les unités les plus modernes, atteindre 96%.

Les pâtes au sulfate sont très foncées, et il existe actuellement des procédés industriels de décoloration qui ne détériorent pas les fibres, donc ne diminuent pas les caractéristiques mécaniques du papier. Les papiers Kraft blanchis rivalisent de nos jours par leur blancheur avec les meilleures pâtes au bisulfite.

Le marché des pâtes kraft a connu ces dernières années un développement extraordinaire avec l'accroissement des besoins en conditionnement (caisse carton à partir de kraft-liner, sacs grande contenance). Les kraft blanchis doivent aborder avec succès le marché du conditionnement de luxe.

La pâte kraft écrue a vu sa production croître de 197.000 tonnes en 1961 à 331.000 tonnes en 1967, soit une augmentation annuelle de 11,3%. L'accroissement annuel prévu jusqu'en 1970 est de 7,7%. Les usines de pâte kraft écrue sont généralement intégrées. Au Canada, les unités de production sont de plus de 1.000 T/j.

.../...

La pâte kraft blanchie, bien que connaissant une progression plus modérée, doit atteindre 330.000 tonnes en 1970 avec un développement annuel de 5,8%. Les usines françaises de kraft blanchi ne sont pas intégrées.

L'investissement de développement des usines de pâte chimique est estimé, dans le rapport du Vème plan à 1.750F/T. Il va de soi que l'investissement pour une unité de production est beaucoup plus élevé, et qu'il faut souvent ajouter l'investissement d'une machine à papier.

2.3.4 - Dans le cadre de la lutte contre la pollution, il importe de citer les pâtes de plantes annuelles, c'est-à-dire en France des pâtes de paille.

Cette pâte est très utilisée, en concurrence avec les pâtes mi-chimiques pour les cannelures de carton ondulé.

Les usines sont, en raison du marché très localisé (difficultés de collecte), de l'instabilité des cours, de taille très modeste . La compétitivité du procédé n'en est que plus problèmatique.

Cette activité est en voie de disparition.

2.3.5 - Blanchiment des pâtes

Le principe du blanchiment est de séparer ou d'oxyder la lignine restant dans la pâte.

On opère pour cela en plusieurs phases, alternativement d'oxydation et de réduction, acides et basiques, avec des agents variés de façon à diversifier les actions.

Les agents oxydants sont généralement :

- l'hypochlorite en solution
- le chlore
- et l'oxyde de chlore.

Les agents réducteurs sont :

- l'acide sulfureux
- et le bisulfite de sodium.

.../...

[redacted]

Une station-type de blanchiment de pâte au mono ou au bisulfite se compose de cinq stades :

- Une chloration (par Cl_2 gazeux) qui se fixe sur la lignine pour former un composé soluble en milieu alcalin.
- Une sodation qui solubilise les chlorolignines.
- Une nouvelle chloration à Cl_2 ou à ClO_2
- Une nouvelle sodation
- Un traitement à l'hypochlorite ou au bioxyde de chlore, suivi de lavages de la pâte.

Pour les pâtes au sulfate, la troisième phase peut être précédée d'un traitement à l'hypochlorite.

Les produits élaborés étant mieux valorisés, le marché des pâtes devrait s'orienter vers des produits blanchis. Un des problèmes du blanchiment est l'augmentation de pollution qu'engendre le rejet d'effluents liquides.

2.4 - Niveau de pollution par procédé

L'Atlas de la pollution des eaux en France métropolitaine fait apparaître que la pollution par l'industrie papetière représente 10% de la pollution de l'ensemble des industries, et 7,5% de la pollution totale des ensembles industriels et urbains.

Sur le total de 7.500.000 habitants-équivalents, la charge de pollution attribuée aux seules fabriques de pâtes compte pour 5.100.000 habitants-équivalents soit 68%.

Nous avons vu que les procédés de fabrication de la pâte sont très variés. Cette variété se retrouve au niveau de la consommation d'eau et de la pollution de l'eau par tonne de pâte, suivant les procédés.

L'Association Française pour l'Etude de l'Eau a bien voulu nous communiquer de nombreux renseignements.

Le tableau suivant peut donner une idée des consommations d'eau par tonne de pâte :

Pâte mécanique	50 - 120 m3/T
Pâte mi-chimique écrue	75 - 200 m3/T
Pâte bisulfite écrue	200 - 500 m3/T
Pâte kraft écrue	100 - 500 m3/T
Pâte à la paille ..... (cuisson à la chaux)	100 - 150 m3/T

.../...

En ce qui concerne la pollution, une publication américaine ancienne donnait, par tonne de pâte produite :

Pâte mécanique ..... 25 - 50 Kg DBO_5/T
Pâte mi-chimique ..... 250 - 350 Kg DBO_5/T
Pâte bisulfite ..... 150 - 250 Kg DBO_5/T
Pâte sulfate ..... 110 - 150 Kg DBO_5/T

Avec les améliorations techniques au cours du temps, les autorités suédoises semblent, sur les unités modernes, beaucoup plus optimistes.

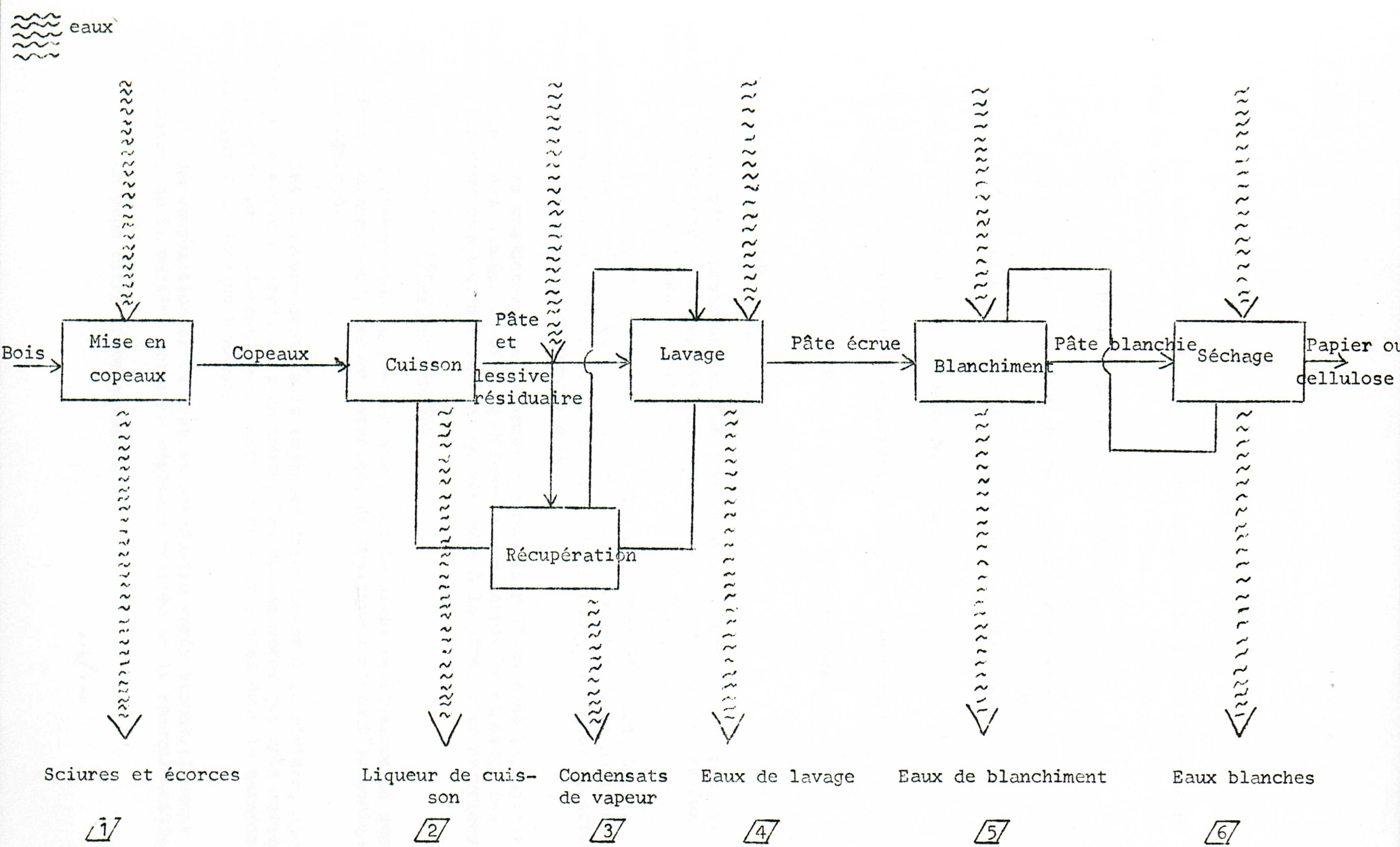
NSSC avec récupération ..... 25 Kg DBO_5/T de pâte
Pâte sulfate écrue ..... 15 - 50 Kg DBO_5/T de pâte
Pâte bisulfite écrue :
- sans récupération ..... 180 - 500 Kg DBO_5/T de pâte
- avec récupération ..... 60 Kg
Blanchiment ..... 15 à 20 Kg DBO_5/T de pâte

Notons également les taux de pollution forfaitaires adaptés en accord entre le Secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de l'eau et la profession en France.

Les matières oxydables sont égales à $\frac{DBO + 2DCO}{3}$

	Matières en suspension totales Kg/T de pâte	Matières oxydables Kg/T de pâte
Pâte mécanique	30	10
Pâte mi-chimique et pâte de paille :		
- sans récupération de liqueur	50	290
- avec récupération de liqueur	40	90
Pâte au bisulfite :		
- sans récupération de liqueur	60	450
- avec récupération de liqueur	50	250
Pâte kraft écrue :		
- sans récupération de liqueur	20	240
- avec récupération de liqueur	10	40
Pâte kraft blanchie :		
- sans récupération de liqueur	50	290
- avec récupération de liqueur	40	90

SCHEMA DE FABRICATION DE LA PATE DE BOIS



Le tableau ci-après indique les origines de pollution dans le processus de fabrication :

/1/ Parc à bois : sciures et écorces

/2/ Cuisson : rejet des liqueurs de cuisson

/3/ Cuisson et récupération : condensats de vapeur

/4/ Lavage : eaux de lavage

/5/ Blanchiment : eaux résiduaires de blanchiment

/6/ Séchage ou machine à papier : eaux résiduaires

2.4.1 - Pâte mécanique

Il n'y a pratiquement pas d'usines non intégrées en France, et les eaux résiduaires de la raperie se trouvent, en général, mélangées aux eaux blanches des machines à papier.

La composition des effluents liquides, dont l'origine est la raperie (c'est-à-dire /1/) est déterminée principalement par les matières en suspension. Ecorces, fibres de cellulose et bois réduit à l'état de sciure fine ou de farine en sont la constitution.

Les producteurs ont intérêt à économiser l'eau dans la raperie. En présence d'eau chaude, le bois se défibre mieux. Après le classage des fibres, les eaux chaudes, qui servent de véhicule à la pâte, sont recyclées.

2.4.2 - Pâtes mi-chimiques

A l'exception du procédé NSSC, les lessives résiduaires ne sont pas traîtées (combustion), aucune technique de traitement n'étant économiquement envisageable.

Les liqueurs sont, soit rejetées directement à la rivière, après cuisson de la matière fibreuse, avec toutes les conséquences que cela entraîne, soit récupérées partiellement après essorage et réutilisées dans la cuisson avec un appoint de lessive blanche.

La composition de la lessive résiduaire varie essentiellement avec la nature de la matière première végétale traitée et le réactif utilisé.

On peut citer comme exemples :

.../...

COMPOSITION DES LESSIVES RESIDUAIRES DE CUISSON AU SULFITE NEUTRE

	Châtaignier (USA)	Eucalyptus (USA)	Résineux (France)	Chêne (France)
Résidu sec g/l	91,6	13,8	114,4	127,3
dont				
Sulfite de sodium	1,7%			
Acétate de sodium	17,7%	26,9%		
Pentosanes	9,1%	12,6%		
S/Total g/l			10,68	11
P H			9,33	6,9
DBO mg/l	17.100 mg/l	36.000 mg/l	1.546 mg/l	

COMPOSITION D'UNE LESSIVE RESIDUAIRE DE PATE MI-CHIMIQUE A LA SOUDE (pin + feuillus)

Pentosanes 5,7%
Lignine 14,9%
Acétate de sodium 26,1%
Formiate de sodium 6,8%
Bicarbonate de sodium 11,5%
Divers 35%

Une source donne

Résidu sec ..... 16 g/l dont 35,3% acétate de sodium
7,8% pentosanes

DBO ..... 28 g/l

.../...

2.4.3 - Pâtes chimiques

2.4.3.1 - Procédé acide

La concentration et la combustion des lessives ne sont pas toujours réalisées. Seules les lessives u bisulfite de magnésium, de sodium et d'amonium peuvent faire l'objet de récupération.

On peut donner pour les caractéristiques moyennes des effluents les valeurs suivantes :

Extraits secs	6.000 mg/l
Matières en suspension	92 mg/l
DBO_5	810 mg/l

La pollution des eaux dépend bien évidemment du procédé adopté.

Par exemple, une usine prévoyant de modifier son installation de façon à se reconvertir au bisulfite de magnésium au lieu du bisulfite de calcium prévoit les effluents suivants :

(voir tableau page 30)

COMPARAISON DES POLLUTIONS DES EFFLUENTS LIQUIDES AVEC LES PROCEDES

AU BISULFITE DE CALCIUM ET DE MAGNESIUM

	Production journalière t/j	Consommation d'eau m3/j	Consommation d'eau m3/j	Matières sèches t/j	Matières sèches mg/l	Matières sèches kg/t	DBO_5 t/j	DBO_5 mg/l	DBO_5 Kg/t
Procédé au bisulfite de calcium	260	70.000	270	13	180	50	45	650	170
Procédé au bisulfite de magnésium	300	100.000	330	3	30 à 60	10	10,5	105	35

Il est intéressant d'analyser l'origine de la pollution des eaux.

Une usine de pâte blanchie au bisulfite de calcium travaillant avec un matériel ancien (lessiveurs discontinus, lavage par diffusion en fosse, pas de concentration) a les bilans matières en suspension et DBO_5 ci-après :

	DBO_5	Pourcentage pollution
Ecorçage	0,5	1%
Cuisson	18	40%
Lavage Epuration	25	55%
Blanchiment	1,5	3%
	45 T/j	

Ce sont la cuisson et le lavage qui sont les postes polluants.

Si, par contre, cette usine se reconvertit au bisulfite de magnésium d'une capacité de 300 T/j, avec un lessiveur continu Kamyr, un prélavage par diffusion à haute température et haute pression, une concentration et une combustion de la liqueur résiduaire, le bilan pollution devient (voir tableau ci-dessous).

L'intérêt des filtres à eau apparaît clairement dans la récupération des matières sèches qui sont :

- soit brûlées en chaudière (à écorce)
- soit incorporées à la pâte (fibres de cellulose)

L'intérêt de la combustion qui permet la division par plus de quatre de la pollution en DBO est manifeste.

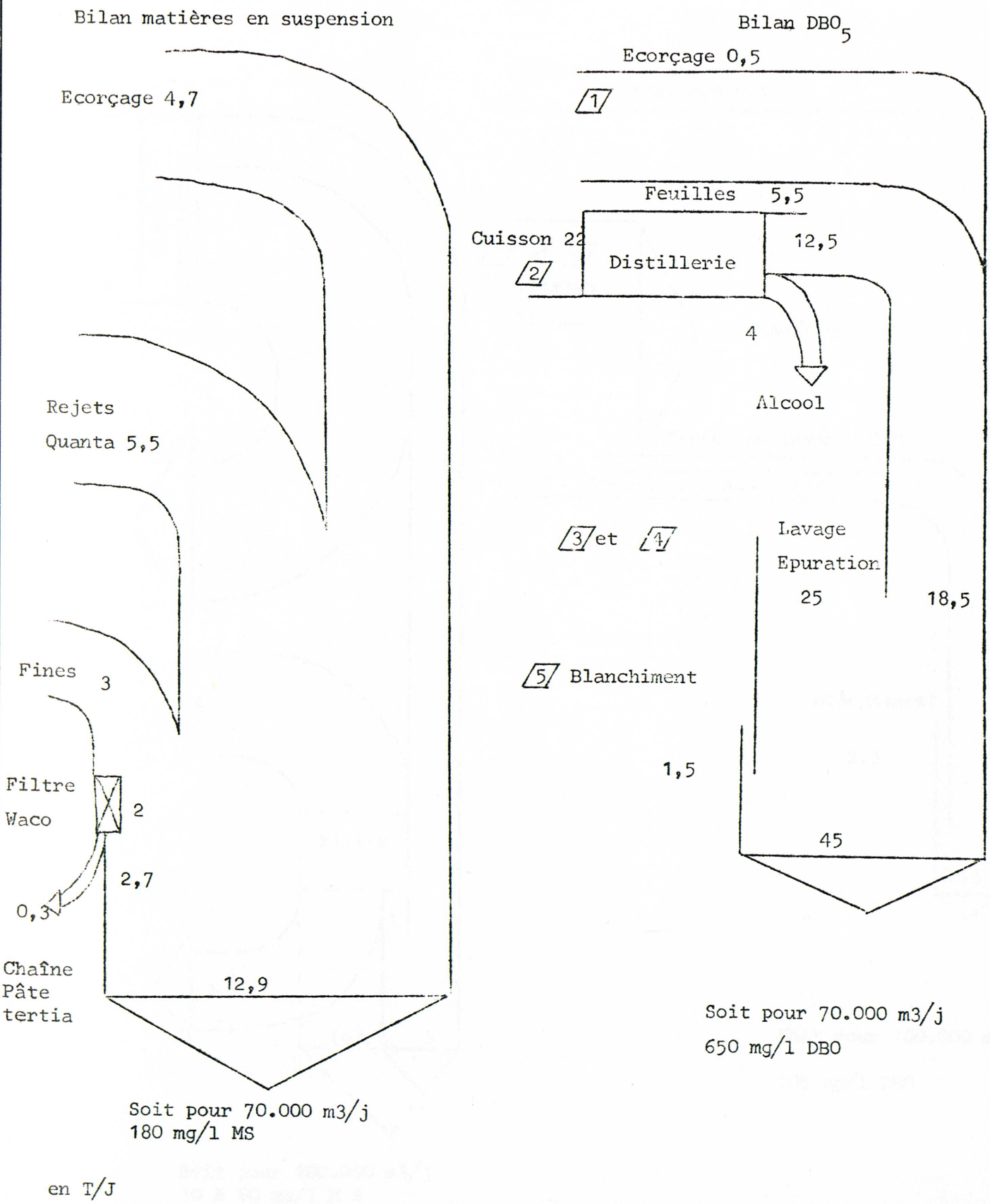
Le bilan final de pollution s'établit donc à :

	DBO_5	Pourcentage pollution
Ecorçage	0,5	5%
Lavage	2,5	25%
Evaporation ..... (Condensats)	5	50%
Blanchiment	2,5	25%
	10,5 T/j	

.../...

PRODUCTION 260 T/J DE BISULFITE DE CALCIUM

-oOo-

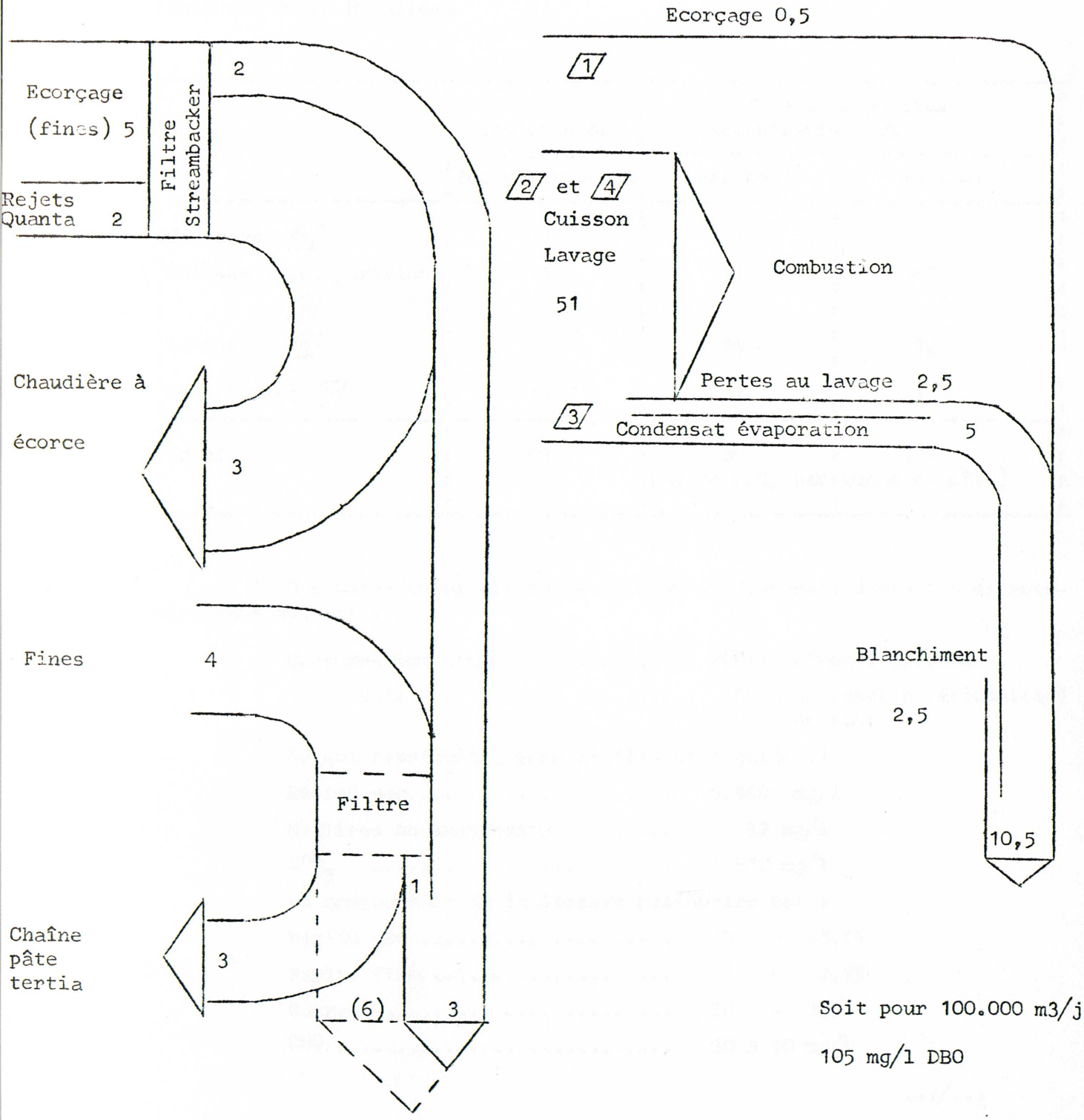


PRODUCTION 300 T/J DE BISULFITE DE MAGNESIUM

-oOo-

Bilan matières en suspension

Bilan DBO_5



Soit pour 100.000 m3/j
30 à 60 mg/l M S

en T/j

Soit pour 100.000 m3/j

105 mg/l DBO

Une autre source d'information donne les chiffres suivants (Pulp and Paper Magazine)

	Bisulfite de calcium Récupération 85%	Bisulfite de magnésium Récupération 90%	
		Résineux	Feuillus
Ecorçage /1/	1	1	1
Cuisson - récupération /3/	15	27	47
Lavage /4/	38	25	32
Blanchiment /5/	15	27	47
Total	69	80	127
		(Kg de DBO_5 par tonne de pâte)	

Une usine au bisulfite de calcium du Wisconsin donne les caractéristiques suivantes :

Consommation d'eau ..... 200 m3 d'eau/T de pâte

soit ..... 10 m3 de lessive résiduaire/T de pâte

Ce qui représente, pour l'effluent liquide :

Résidu sec .... 5.960 mg/l

Matières en suspension ..... 92 mg/l

DBO_5 ..... 810 mg/l

La composition de la lessive résiduaire est :

Résidu sec ..... 10 - 13,5%

Partie fixe ..... 2 - 2,5%

Sucres ..... 20 - 35%

DBO ..... 30 à 50 mg/l

.../...

Le résidu sec se compose de :

Lignine	4 - 6%
Sucres	2 - 3%
Acide acétique	0,5%
Résines et graisses	0,5%
Chaux	0,8%
Soufre	1 - 1,7%

Les sucres sont responsables de la DBO pour 65 à 75%.

(SOurces Nat. Counc. fr. Stim
Bull n° 24 - 7 juillet 1949
Bull n° 28 - 29 juillet 1943)

2.4.3.2 - Procédé alcalin

La liqueur noire, résiduaire de cuisson, qui contient des proportions importantes de matières organiques, est concentrée, puis détruite par combustion, opération dont le bilan thermique s'avère rentable.

Les produits minéraux issus de la combustion de la liqueur sont récupérés et rentrent dans l'élaboration de la liqueur neuve ou liqueur verte

Seules les eaux de lavage diluées /4/ et les eaux de blanchiment /5/ sont rejetées à la rivière.

La composition-type d'un effluent de kraft blanchi est :

Ph 7,6

DBO	moyenne	117 mg/l
	maximale	128 mg/l

Extrait sec	763 mg/l
Matières en suspension	32 mg/l
Matières en suspension volatiles ...	10 mg/l
Matières en solution	731 mg/l
Matières en solution volatiles	320 mg/l

Les eaux résiduaires kraft contiennent des produits toxiques dans les proportions suivantes :

Sulfures	0,3 à 16 mg/l
Mercaptans	2 à 18 mg/l
Savons de résines.	1 à 10 mg/l

(Sources Nat. Counc. fr. Stim
Bull n° 20 - 23 juillet 1948)

.../...

Dans une usine européenne de kraft blanchi, de construction récente, où le bilan des sources de pollution a été réalisé, les chiffres sont les suivants :

Source de pollution	DBO_5 Kg/T	Pourcentage Pollution
Parc à bois écorces /1/	2	5%
Cuisson /2/	2 à 4	7,5%
Evaporation Condensats /3/	1 à 3	5%
Lavage /4/	6 - 8	17%
Blanchiment /5/	24 - 30	65,5%
TOTAL	35 - 47	

On voit que les postes à améliorer sont :

- la cuisson,
- le lavage,
- et surtout le blanchiment qui est responsable de plus de 60% de la pollution.

On a pu établir des comparaisons entre les pollutions par les procédés au bisulfite et au sulfate.

	Bisulfite de magnésium			Kraft
% Récupération	0%	80%	95%	97%
Cuisson /2/				
Evaporation Condensats /3/	300	60	15	10
Lavage /4/		30	35	15
Blanchiment /5/	20	20	20	20
TOTAL	320	110	70	45
		(Kg DBO_5/T de pâte)		

.../...

Ce procédé Kraft est beaucoup moins polluant que la procédé acide.

En conclusion, on peut classer les procédés par ordre de pollution croissante :

- Mécanique
- Sulfate
- Bisulfite
- Mi-chimique.

*

* *

CHAPITRE III - LUTTE CONTRE LA POLLUTION

Pour réduire la pollution déversée par une usine de pâte à papier, on peut :

- adapter les techniques de fabrication pour réduire la production de pollution,
- récupérer les rejets pollués et les épurer ensuite.

Dans la mesure où elle est possible, la première solution est préférable. Avant d'épurer l'eau résiduelle il est souhaitable de faire tout le possible pour maîtriser les pollutions et pour ne présenter au traitement que ce qu'il est nécessaire ou possible de traiter (sélection des effluents).

3.1 - Adaptation des techniques de production

Nous ne pourrons pas donner une liste exhaustive des actions possibles mais plutôt les principes qui doivent être adoptés pour réduire la pollution d'une usine de pâte à papier.

3.1.1 - Améliorations techniques

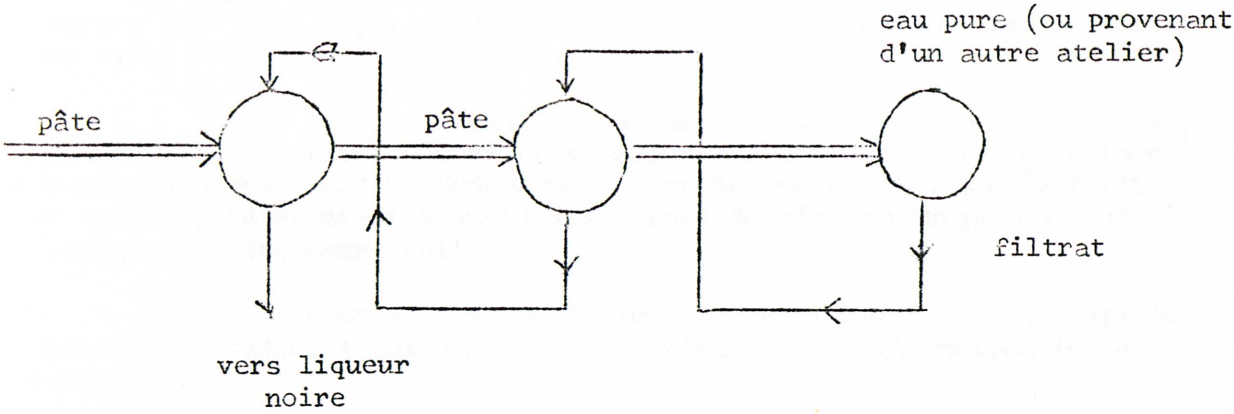
3.1.1.1 - Récupération des fuites : une partie importante de la pollution est constituée par les fuites, les débordements. Les industriels ne parlent pratiquement jamais de ces causes car ils considérent que c'est un fonctionnement anormal du processus de fabrication. Cependant celles-ci sont les plus faciles à maîtriser.

Pour récupérer les pollutions accidentelles dues aux débordements (pâte, liqueur noire, etc ...), il suffit de disposer de fosses de rétention dans les ateliers dangereux de ce point de vue avec possibilité de recyclage. Ceci évite les très gros à-coup de pollution, qui sont évidemment néfastes lors d'un rejet direct en rivière en donnant une forte pointe de D.B.O. ; les stations d'épuration, dont nous parlerons plus bas, y sont elles aussi très sensibles.

Les fuites diverses (qu'on trouve surtout à tous les presse-étoupes des pompes et agitateurs) doivent être récupérées pour être traitées s'il existe une station d'épuration.

3.1.1.2 - Recyclages : ils sont surtout intéressants pour réduire la consommation d'eau. Ils peuvent être aussi utilisés pour lutter contre la pollution ; ceci est surtout vrai pour une usine qui récupère et brûle la liqueur noire. Le principe est alors de concentrer les eaux sources de pollution suffisamment pour pouvoir les mélanger avec la liqueur noire et les éliminer de cette manière. Il y a un grand nombre de possibilités que nous ne pouvons toutes décrire. Nous donnerons cependant un exemple : dans le cas d'un lavage de la pâte à plusieurs stades, on peut prendre le schéma suivant.

.../...



Le filtrat du premier stade est assez concentré pour être mélangé à la liqueur noire. Toute la pollution du lavage se trouve donc brûlée. Il en est de même pour les lavages à diffusion.

3.1.1.3 - Récupération des fibres : Les effluents de plusieurs ateliers contiennent des fibres. Il est possible de les récupérer avant décantation et de les recycler. Les sources de pertes de fibres sont l'atelier de lessivage, l'atelier de lavage et d'épuration, l'atelier d'épuration blanchie, l'atelier du presse pâte (pour une usine non intégrée). Voir ci joint le schéma d'un projet de récupération de fibres d'une usine canadienne.

3.1.1.4 - Sélection des effluents : Nous verrons plus loin que le temps de séjour dans la station de traitement des eaux est un paramètre important. Pour réduire la taille des investissements, on a donc intérêt à ne traiter que les effluents qui sont justiciables d'une épuration. De plus il convient de pouvoir isoler les pollutions accidentelles et de les stocker dans un bassin de décharge par exemple pour pouvoir étaler leurs déversements dans la rivière ou dans la station d'épuration quand elle existe (voir ci-joint un schéma de sélection d'effluents).

Tous ces procédés permettent de réduire d'une façon notable la pollution d'une usine existante.

3.1.2 - Changements de technique

"Un grand nombre de possibilités techniques existent pour modifier les processus de fabrication ou la nature des produits fabriqués ou pour valoriser les eaux résiduaires. L'importance de l'éventail de ces possibilités est mise en évidence dans une étude des variations des D.B.O. des eaux résiduaires par unité de produit en Allemagne.

.../...

L'étude de 14 papeteries fait apparaître que la D.B.O. varie de 51 à 1.254 habitants équivalents par tonne de papier produit soit un rapport de 1 à 25." (H. LEVY-LAMBERT - Economie et gestion de la qualité des eaux)

Indépendamment des mesures prises en usine, il existe des techniques intrinsèquement plus polluantes que d'autres. Les usines où la liqueur noire n'est pas récupérée ont une très forte pollution (bisulfite de calcium, pâtes mi-chimiques) les usines de pâte mécanique ont une pollution pratiquement nulle.

Nous allons donner quelques exemples de changements de techniques possibles qui auraient pour résultat une diminution de la pollution.

3.1.2.1 - Abandon du bisulfite de calcium : Nous l'avons vu au chapitre II cette technique ne permet pas la récupération de la liqueur noire. Elle peut être remplacée par un procédé au bisulfite de magnesium, d'ammonium ou de sodium. Des projets sont actuellement en cours. Cependant il semble que le changement de procédé coûte pratiquement aussi cher que la construction d'une usine neuve. Le choix entre les différentes techniques ne se posera que pour l'implantation d'une usine nouvelle.

3.1.2.2 - Pâtes mi-chimiques : Les pollutions sont ici aussi très importantes. Il existe actuellement quelques projets de solutions.

a) Association de pâte mi-chimique au sulfite neutre

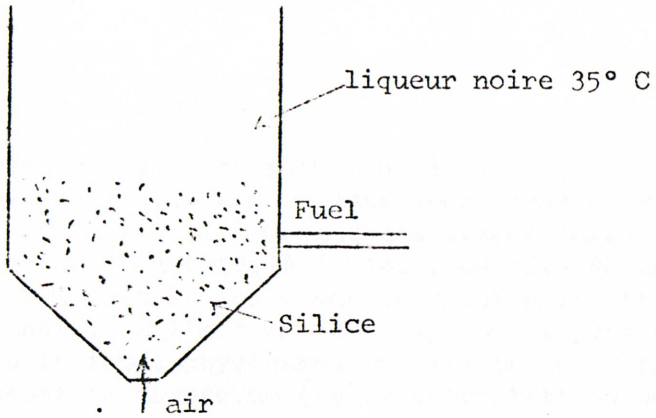
La méthode au S C (mi-chimique au sulfate neutre) permet la récupération et la combustion de la liqueur noire. Il existe aussi des usines en Suède où les procédés semi-chimiques et au sulfate sont associés . La Liqueur noire du procédé semi-chimique est évaporée avec celle du procédé au sulfate et les réactifs sont récupérés pour le procédé au sulfate.

b) Lits fluidisés

Il est très difficile de brûler la liqueur noire car sa concentration est plus faible que dans le cas des pâtes chimiques, le rendement en bois après la cuisson étant supérieur. Le procédé des lits fluidisés pourrait, semble-t-il, permettre une combustion de la liqueur noire à une concentration de 35 % qu'il est possible d'obtenir avec les pâtes mi-chimiques.

Des grains de silice sont mis en mouvement dans la chambre de combustion par une violente circulation d'air. Ils augmentent ainsi considérablement la surface de combustion (voir schéma ci-dessous).

.../...



c) Blanchiment à l'oxygène.

Si nous considérons une usine moderne de pâtes kraft du bisulfite qui récupère la ligueur noire, une très grosse partie de la pollution (50 % au moins) et la presque totalité de la couleur proviennent du blanchiment. Dans les jus de chloration et de sodation se trouvent des décomposés du bois (lignine et dérivés) ; bien qu'il ait une composition organique un peu analogue aux effluents de cuisson, le jus ne peut pas être recyclé pour faire passer sa pollution dans la liqueur noire à cause des chlorures qu'il comporte.

La Société l'Air Liquide a mis au point un nouveau procédé de blanchiment à l'oxygène, qui remplace les deux premiers stades du blanchiment classique : la chloration et la sodation. L'avantage provient de ce que l'effluent obtenu peut être recyclé et servir dans un autre atelier par exemple pour la dilution de la pâte. Le procédé classique de chloration, puis de sodation ne permet pas le recyclage des eaux de blanchiment dans le stade précédant du lavage de la pâte écrue.

En effet les eaux de lavages sont mélangées à la liqueur résiduaire pour être concentrées et brulées. Les matières chimiques sont régénérées.

Les étages de choro sodation entrainent un apport considérables d'ions Na^+ et Cl^-, qui se retrouveraient recyclés dans la liqueur de cuisson. La concentration en Na^+ et Cl^- ne pourrait que croitre au cours du temps. Or ces éléments nuisent à une cuission correcte.

On supprimerait la pollution correspondant au blanchiment, si l'on pouvait mettre en oeuvre un procédé ne faisant pas appel à ces deux premiers étages.

./....

Description sommaire du procédé :

La pâte, en suspension dans une solution alcaline (de 4 à 10 % de soude) est soumise à l'action d'oxygène sous pression à des températures variant de 90° à 120° C. Suivant les températures, les temps de réaction varient de 20 minutes à 1 heure. La pâte obtenue est un peu plus blanche que dans le cas d'une chloration-sodation. La cellulose est très sensible à l'action de l'oxygène et pour ne pas diminuer ses caractéristiques physiques, on utilise des catalyseurs tels que le carbonate de magnésium (à la concentration de 1% par rapport à la pâte).

Une Société d'Afrique du Sud, la S.A.P.P.I., projette de construire une usine dans laquelle elle utilisera en parallèle les deux techniques de blanchiment. On pourra ainsi faire une comparaison des coûts dans chacun des cas.

D'après les estimations qu'on peut faire, il semble que pour la méthode à l'oxygène, le prix de revient soit plus faible ou équivalent et les investissements légèrement plus chers. (Ces estimations ne tiennent pas compte des redevances de pollution, ni à fortiori du coût de l'épuration).

3.2 - L'épuration des eaux

3.2.1 - Les traitements primaires

Il s'agit d'éliminer les matières en suspension (fibres, farine de bois, écorces, boues calcaires). Le décanteur primaire joue ce rôle.

De plus, avant la décantation, il peut y avoir une neutralisation des effluents, pour ajuster le pH du rejet et aussi pour permettre les traitements biologiques secondaires que nous décrirons plus loin. Cette neutralisation est effectuée dans un bassin de mélange. Le pH est ajusté par l'addition d'acide ou de chaux.

L'effluent arrive ensuite dans le décanteur primaire lui-même. Il y a plusieurs types de décanteurs

- Les bassins à vidange complète. La boue s'accumule sur le fond du décanteur qui est nettoyé périodiquement.

- Les bassins à fond pyramidaux où la boue peut être extraite périodiquement par siphonage.

./...

- Les bassins avec mécanisme de raclage continu des boues ; celles-ci sont constamment ramenées vers une bouche par laquelle l'élimination a lieu périodiquement. Ce type de décanteur, peu profonds, est utilisé très souvent.

Le temps de séjour est de l'ordre de 2 à 3 h. On peut arriver ainsi en général à un rendement de 80 à 90 % pour l'élimination des matières en suspension et de 25 à 40 % pour l'élimination de la D.B.O. Nous l'avons déjà dit, l'élimination des matières en suspension est essentielle pour l'état du cours d'eau et toute usine devrait posséder un décanteur.

Remarque : le décanteur primaire peut être précédé d'un dégrillage destiné à éliminer les grosses particules avant la décantation.

3.2.2. - Les traitements secondaires actuellement connus

Ces traitements sont utilisés pour réduire la D.B.O. de l'effluent provenant du décanteur primaire ; les seuls qui soient actuellement convenables sont les traitements biologiques, car les autres procédés (floculation par exemple) sont beaucoup plus onéreux. Il n'existe cependant pratiquement pas d'installations actuellement en France ; il y a plusieurs réalisations aux Etats Unis et une de la cellulose des Ardennes en Belgique.

3.2.2.1 - Les boues activées

Le processus utilisé est en fait une accélération du phénomène de l'autoépuration dont nous avons parlé plus haut. La concentration des bactéries est beaucoup plus forte, la température plus élevée. Pour ne pas être en condition anaérobie , il faut alors alimenter le mélange en oxygène.

) Fonctionnement

Après avoir été neutralisés les effluents sont passés dans le décanteur primaire. Ils sont ensuite pris dans le bassin des boues activées où ils sont mis en contact avec la flore bactérienne. Après leur séjour dans le bassin, ils sont repris dans un décanteur secondaire qui doit les séparer des boues activées en suspension. Ces boues sont recyclées dans le bassin d'activation et souvent à amorcer l'épuration à l'arrivée des effluents. Cependant il n'est pas possible de recycler toute la boue récupérée, car au cours de l'épuration le nombre d'organismes augmente et il faut enlever les boues en excès. Celles-ci sont envoyées dans le décanteur primaire pour être éliminées avec les boues primaires. De plus ceci amorce la réaction d'épuration biologique dans le décanteur primaire (voir schéma de fonctionnement des boues activées).

./...

) Aération du bassin

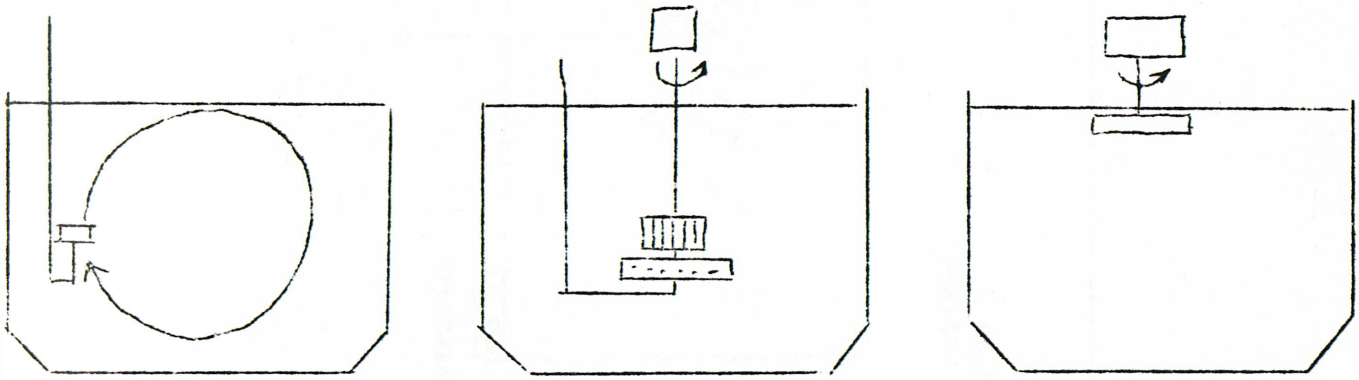
Il existe plusieurs systèmes. Nous citerons

- Les bassins à insufflation d'air. L'air est injecté sous des plaques poreuses ou dans des conduits en matière perméable disposés de manière à créer des courants intenses au sein de la masse d'eau

- Les bassins à insufflation d'air et dispersion centrifuge. L'air est insufflé en grosses bulles qui sont dispersées et réduites en fines bulles par un turbinage

Les Bassins à agitation de surface.

- SCHEMA DES TROIS TYPES -



bassin à insuflation d'air

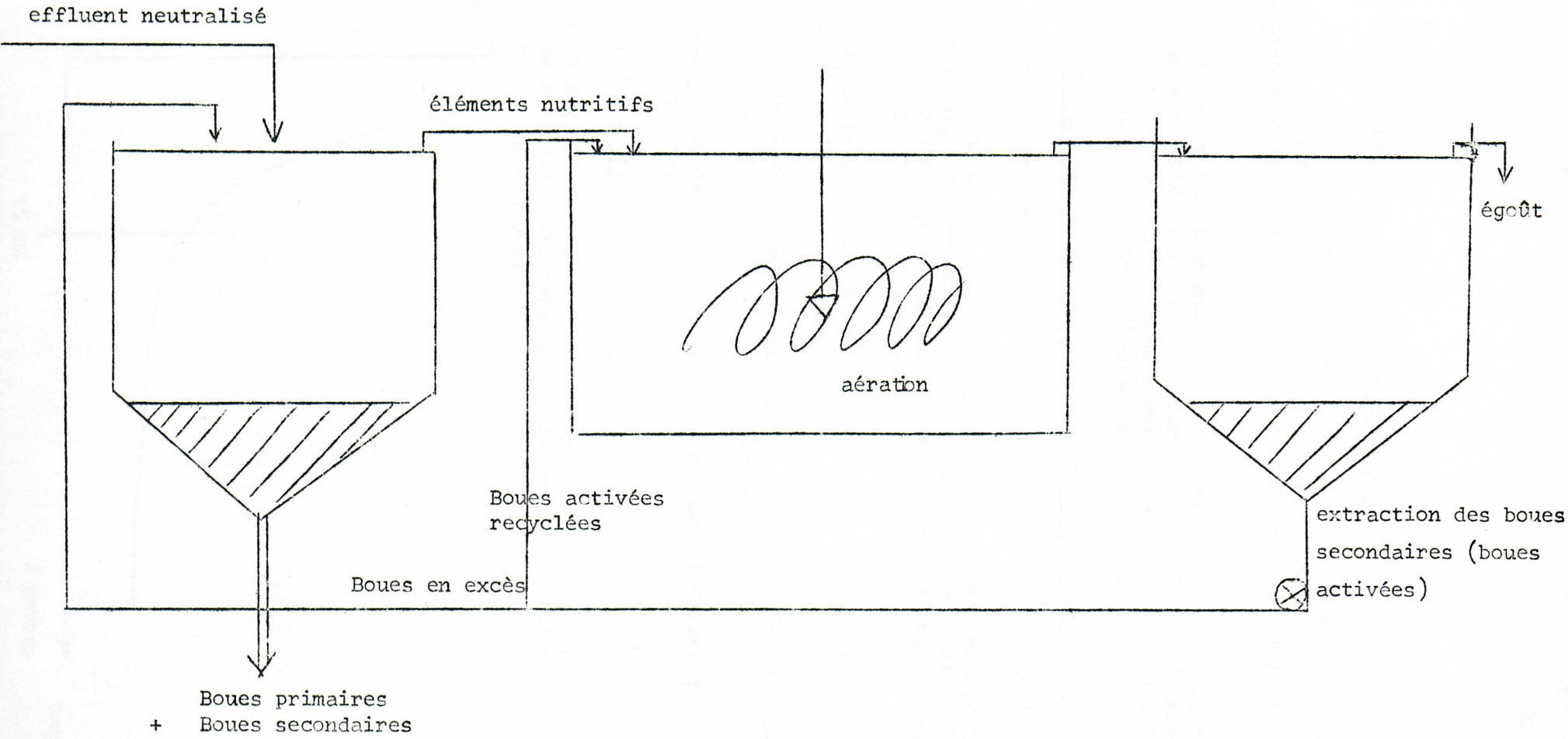
Bassin insuflation
+ dispersion centrifuge

Agitation de
surface

./...

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION PAR BOUES ACTIVEES

-oOo-



) Consommation des produits chimiques

A cause de l'agitation nécessaire, il y aurait une importante formation de mousse si on n'ajoutait pas d'antimousse. Ce produit est indispensable et cause des dépenses appréciables (voir chapitre suivant).

Pour le bon développement des bactéries il faut leur fournir des nutrients : azote et phosphore. Pour 100 kg de D.B.O. éliminée il faut ajouter 5 kg d'azote (sous forme d'ammoniaque en général) et 1 kg de phosphore (sous forme d'acide phosphorique).

) Conditions de marche de l'épuration biologique

La concentration des boues activées est de l'ordre de 3 g/l.

La durée de séjour doit être à peu près proportionnelle à la charge de D.B.O./j du bassin. En général ces dernières sont de l'ordre de 1 kg D.B.O./j par m3 de cuve . Dans ces conditions le temps de séjour est de l'ordre de 3 heures.

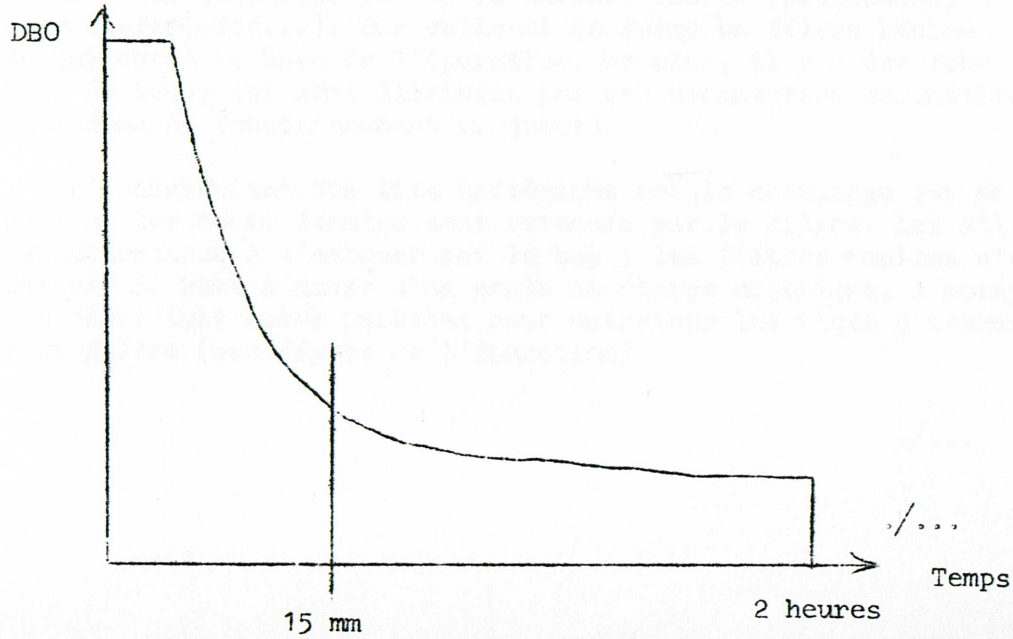
Pour cette durée, la formation de boues en excès est de 1 à 1,5 kg par kg de D.B.O. éliminée.

Les rendements d'épurations obtenus sont en général voisins de 85 % pour la D.B.O. et de 45 à 50% pour la D.C.O.

Nous parlerons plus loin du très délicat problème du traitement des boues.

3.2.2.2 - L'oxydation totale

La D.B.O. d'un effluent déversé dans un bassin de boues activées décroit très vite dans un premier temps puis lentement ensuite (courbe ci-dessous).



/...

Il y a en fait deux phases : une d'adsorption des matières organiques par les microorganismes puis de digestion par ceux-ci. Cette digestion qui amène la minéralisation des matières organiques est lente (de l'ordre de 24 h).

Dans le cas précédent des boues activées, la digestion est à peine entamée et on obtient des boues secondaires qui ont une D.B.O. importante. On est obligé de plus d'éliminer des boues en excès, ainsi que de recycler une grande partie des boues secondaires. Dans le système de l'oxydation totale, la durée de séjour de l'effluent est de 24 heures. Au bout de ce temps la minéralisation est terminée. Le nombre de microorganismes épurateurs vivants étant proportionnel à la quantité de matières organiques dégradables présentes, les boues restantes au bout de 24 h, sont constituées de cellules mortes et de quelques microorganismes encore vivants ; leur séparation et leur retour en tête de l'épuration stimulent le développement de nouvelles cellules vivantes qui métabolisent les matières organiques ainsi que les cellules mortes. Il n'y a pas, en principe formation de boues en excès. Les rendements obtenus sont du même ordre que ceux qu'on obtient avec les boues activées.

L'aération a ici aussi une grande importance.

L'inconvénient de ce procédé par rapport aux boues activées est évidemment la nécessité d'un volume beaucoup plus grand de bassin.

3.2.2.3 - Les lits bactériens.

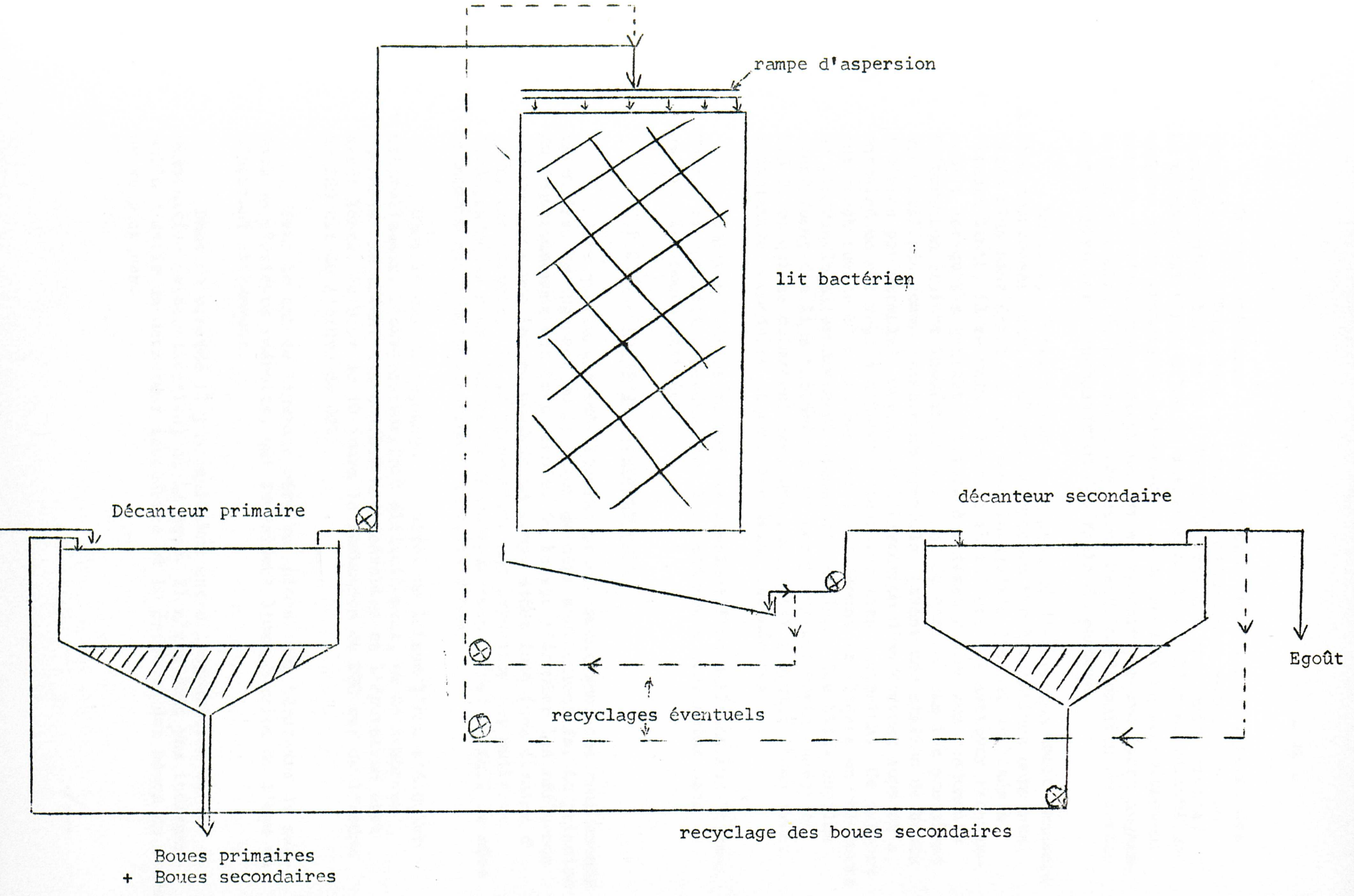
Le principe est ici aussi l'oxydation des matières organiques biodégradables par des microorganismes. Cependant, alors que pour les boues activées les organismes épurateurs sont amenés dans l'eau, ici on fait l'inverse c'est à dire qu'on fait couler l'eau polluée sur les microorganismes.

Dans les lits bactériens conventionnels le support de ces organismes est constitué par de la matière inerte (pouzzolane, coke, machefer, etc...). Sur celle-ci se forme un filtre biologique qui est à la base de l'épuration. De plus, il y a des formations de boues qui sont éliminées par une décantation secondaire. (voir schéma de fonctionnement ci-joint).

L'inconvénient des lits bactériens est le colmatage qui se produit si les boues formées sont retenues par le filtre. Les filtres lents ont tendance à s'embouer par le bas ; les filtres rapides s'embouent par le haut à cause d'un excès de charge organique, à moins que le débit soit assez puissant pour entrainer les flocs à travers tout le filtre (aux dépens de l'épuration).

./...

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UN LIT BACTERIEN



On peut améliorer les rendements d'épuration en faisant des recyclages de l'eau avant ou après la décantation secondaire. Ce recyclage peut aller de 50 à 90% du volume des eaux usées brutes. Le mélange est ainsi dilué en matières biodégradables et enrichi en oxygène et en organismes épurateurs. Il en résulte un accroissement notable de l'activité biologique qui se traduit par une forte augmentation du nombre de bactéries aérobies. Cette amélioration de rendement se paye par l'augmentation des frais de pompage.

En fait, l'utilisation de ce procédé d'épuration avait tendance à être abandonnée car la charge acceptable par les anciens supports cités plus haut était faible. Donc lorsqu'ils étaient utilisés à vitesse lente, il se colmataient et il fallait les nettoyer fréquemment ; lorsqu'ils étaient utilisés à vitesse rapide les rendements d'épuration étaient insuffisants ; dans ce dernier cas ils pouvaient être utilisés comme traitements partiels (avant une station de boues activées par exemple). Cependant l'invention d'un nouveau support a entrainé un net regain d'intérêt pour les lits bactériens. Ce support est constitué de blocs formés par l'accolement de plaques en chlorures de polyvinyle alternativement planes et ondulées. Ces blocs empilés constituent des lits bactériens qui acceptent une forte charge en D.B.O. et qui se colmatent pas. Ont peut ainsi recycler l'eau avant décantation secondaire et même des boues secondaires.

Quelques filtres bactériens semblent être utilisés aux Etats-Unis ; il apparait cependant que les rendements sont moins bons qu'avec les boues activées.

3.2.2.4. - Lagunage, lagunage aéré

Alors que les procédés étudiés précédemment sont des traitements intensifs, le lagunage ou le lagunage aéré sont extensifs. Le principe du fonctionnement est très simple. On laisse s'écouler les effluents pollués dans une lagune pendant un temps assez long (une dizaine de jours par exemple). Il se passe alors une oxydation des matières biodégradables sous l'effet de microorganismes. C'est en fait le même phénomène que l'autoépuration d'un cours d'eau.

Dans le cas de lagunage aéré, on laisse l'eau s'écouler naturellement. L'oxygénation fait difficilement, en de nombreux endroits se créent des conditions anaérobies et l'épuration eszt assez lente. Au bout de 10 jours la réduction de DBO est de l'ordre de DBO est de l'ordre de 40%.

Dans le cas de lagunage aéré on place des aérateurs de surface en plusieurs endroits, qui favorisent l'oxygénation de l'eau en l'agitant violemment.

Dans ce procédé il y a équilibre entre l'apparition et la disposition (minéralisation) de la boue. Il n'est donc pas indispensable d'avoir un décanteur secondaire et le problème des boues en excès ne se pose pas.

./...

Les rendements du lagunage aéré sont de l'ordre de 80 à 85 % au bout de 10 jours de rétention.

Les avantages de ce procédé sont qu'il ne nécessite pas d'entretien et ne produit pas de boues en excès. Cependant il faut de grandes superficies (quelquefois des dizaines d'hectares) et l'aspect de ces lagunes est désolé, la végétation ne pousse pas. Si en certains points des conditions anaérobies s'installent, il y a de plus des productions d'odeurs très désagréables.

3.2.3 Traitements en cours d'essai semi-industriels

Ces traitements ont pour but d'éliminer les dérivés de la lignine et les produits colorés.

3.2.3.1 - Décoloration par les amines (Brevet Centre technique du Papier)

Ce traitement s'effectue sur les effluents de blanchiment (jus de chloration et de sodation). La teneur en matières organiques qui est de 5 à 20 g/l est trop faible pour pouvoir concentrer et bruler ces matières. On réalise grâce à ce procédé une concentration de 60 à 70 g/l et on extrait en même temps la couleur de l'effluent.

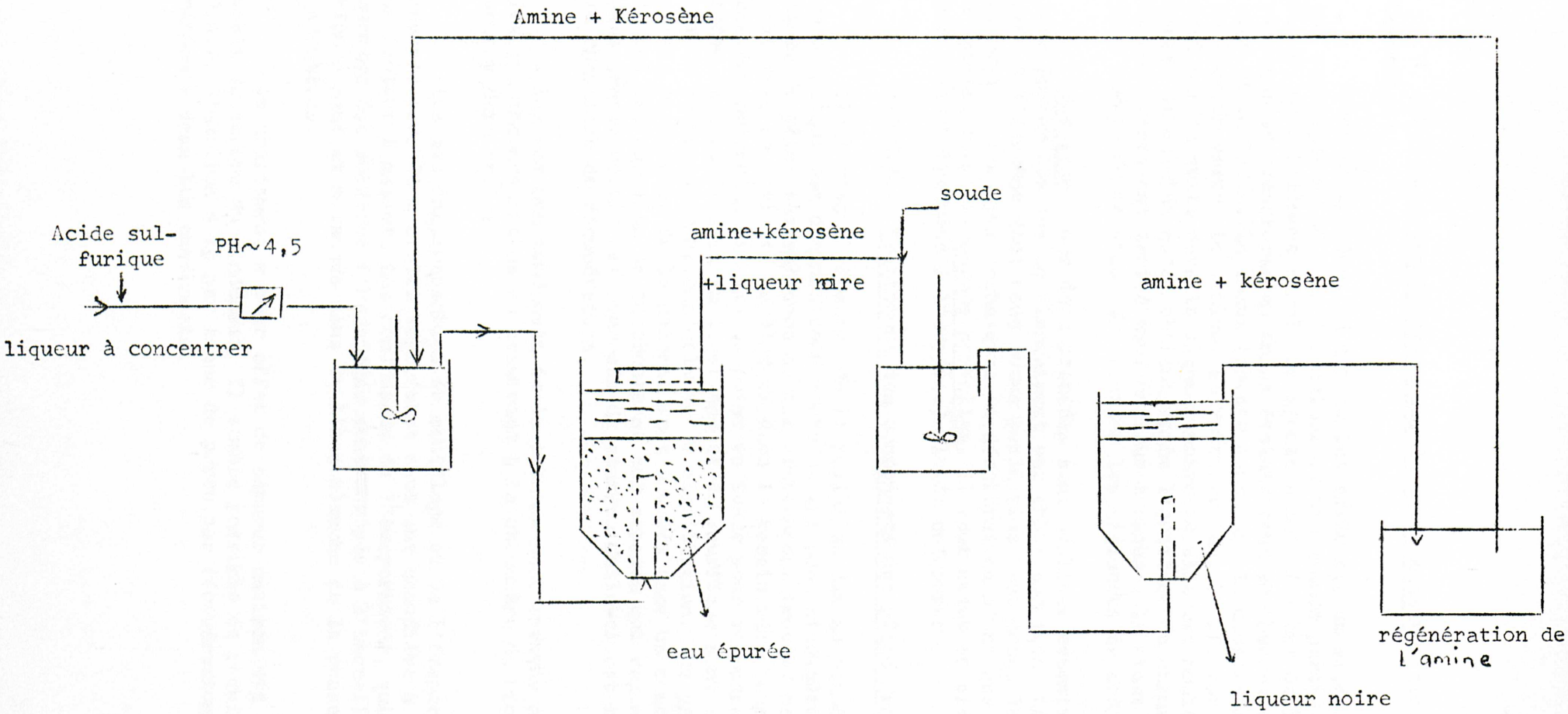
Pour cela les jus de chloration et sodation sont mélangés ; un ajout d'acide sulfurique amène le mélange à un PH de 4,5 environ, nécessaire pour la suite du traitement. Le jus ainsi obtenu est mis en présence d'amine dissoute dans du kérosène. Dans un décanteur le mélange se sépare en deux phases : une phase organique comprenant le kérosène, l'amine, les dérivés de la lignine et les produits colorés, l'autre phase se trouve dans le bas, elle est constituée d'eau épurée. La phase organique est additionnée de soude ; une nouvelle décantation permet de séparer la liqueur noire obtenue de la solution d'amine dans le kérosène. La liqueur noire est brulée et les ions sodium sont récupérés. L'amine peut alors servir de nouveau après régénération. Certains produits biodégradables n'ont pas été concentrés dans la phase organique et restent dans l'eau épurée. Ils peuvent être éliminés facilement par un traitement biologique.

Le rendement en D.C.O. est de 75 à 80 %, en D.B.O. est de 60 %. Le rendement d'élimination de la couleur est de l'ordre de 90 %.

La difficulté principale est constituée par le recyclage de l'amine. Il faudrait obtenir une perte de moins de 0,1 % pour un tour complet de l'amine car ce produit est très onéreux. Une installation pilote a été construite par le centre technique du Papier de Grenoble en commun avec des industriels. Un bilan économique pourra ainsi être fait. Ce procédé coûtera de toute façon assez cher (du même ordre de grandeur que les systèmes d'épuration biologique). (Voir schéma de fonctionnement de la décoloration par les amines).

./...

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE LA DECOLORATION PAR LES AMINES



3.2.3.2. - Décoloration par la chaux massive (procédé National Council)

Dans ce procédé, on traite les effluents du stade de sodation qui représentent 60 % de la couleur et une grande partie de la D.C.O. de l'effluent final. On ajoute à cet effluent de la chaux vive qui se transforme en chaux éteinte tout en absorbant la couleur et la D.C.O. La chaux éteinte sert à la caustification de la liqueur verte. La couleur se retrouve dans la liqueur blanche d'où par la suite dans la liqueur noire où elle est brulée. Le carbonate de calcium qu'on obtient après l'addition de chaux dans la liqueur verte est traité dans un four à chaux ; la chaux obtenue peut servir de nouveau à traiter les effluents de sodation.

Remarque : Ces deux procédés sont utilisés essentiellement pour épurer les jus de blanchiment par chlorosodation. Si le procédé à l'oxygène dont nous avons parlé plus haut donne les résultats escomptés, ces deux techniques de décoloration n'ont que peu d'intérêt pour les usines nouvelles. Il vaut mieux en effet ne pas polluer (procédé à l'oxygène) plutôt qu'épurer.

3.2.3.3. - Traitement des condensats des pâtes kraft

Il ne s'agit plus ici de la pollution due au blanchiment mais de celle qui est due aux condensats et qui peut atteindre 10 kg par tonne de pâte. Les sulfures qu'ils contiennent peuvent provoquer des problèmes de toxicité ou d'odeur dans le bassin récepteur. Un nouveau procédé a été mis au point en Suède pour résoudre ce problème. Les condensats du lessivage et du soufflage sont entrainés par de la vapeur dans une colonne de distillation. Les gaz de la partie supérieure de la colonne sont envoyés dans un condenseur dans lequel une fraction de térébenthine est séparée qui retient la plus grande partie des composés du soufre. Celle-ci est brulée dans la chaudière de récupération.

Les gaz non condensés de la colonne sont envoyés avec les gaz incondensables du lessivage à la chaudière de récupération pour y être brulés.

Les gaz incondensables du soufflage et de l'évaporation sont envoyés pour être brulés séparément dans une chaudière à vapeur avec un bruleur à mazout. Les condensats de l'évaporateur, qui contiennent surtout des sulfures d'hydrogène sont envoyés à l'installation de blanchiment et mélangés dans de l'eau blanche de la phase de chloration.

Ce traitement a pour effet de séparer environ 99% des composés du soufre du condensat. Il semble possible de réduire la D.B.O. d'environ 4 kg par tonne de perte par récupération du méthanol dans les condensats.

./...

3.2.4 - Traitement des boues

Dans la plupart des cas lorsqu'on fait une épuration des eaux, on se trouve en face du problème du traitement des boues. Celles-ci peuvent être primaires s'il n'y a qu'un décanteur primaire ; elles peuvent être un mélange de boues primaires et secondaires si le procédé d'épuration donne lieu à des formations de boues en excès (boues activées, lits bactériens). Lorsqu'elles sont extraites du décanteur primaire, ces boues très riches en eau (de 95 à 99 %). Les boues primaires peuvent être deshydratées assez facilement, ceci est pratiquement impossible pour les boues secondaires On ne peut abandonner ces boues à une concentration aussi faible parce qu'elles occuperaient un très grand volume, seraient la source d'infiltrations et pourraient entrer en putréfaction. On peut envisager plusieurs traitements.

3.2.4.1. - Concentration et abandon dans des carrières

Ce traitement est le plus simple il consiste à additionner les boues de chaux, de les concentrer par filtration jusqu'à une siccité de l'ordre de 20 à 25%. Elles peuvent alors être manipulables et on peut les épandre. Malheureusement les boues extraites lors de la fabrication de pâte à papier n'ont, pour l'instant trouvé aucune utilisation ; elles ne semblent pas avoir de valeur comme fertilisants. Elles sont abandonnées dans d'anciennes carrières où elles restent toujours à la même siccité et présentent un aspect de boues visqueuses et mouvantes dans lesquelles tout objet s'engloutit.

3.2.4.2. Incinération

Les matières sèches des boues étant en grande partie organiques, ont un certain pouvoir calorifique. On peut donc envisager la combustion des boues ; malheureusement la très grande quantité d'eau qu'elles renferment absorbe l'énergie dégagée par la combustion. Il faut en fait fournir une énergie extérieure pour réaliser leur incinération. A cet effet plusieurs solutions sont possibles.

Incinération de boues

L'énergie est apportée par une consommation de mazout par exemple. Il existe plusieurs sortes d'incinérations. Dans tous les cas il faut amener la boue à une siccité d'au moins 15%. L'incinération revient cher en investissements et en coût de fonctionnement (voir chapitre suivant).

Lits fluidisés

Le système des lits fluidisés dont nous avons parlé plus haut permet d'envisager une combustion des boues avec un apport de mazout négligeable, grâce au meilleur échange de chaleur.

./...

Chaudière à écorces

Si l'usine de pâte à papier comporte une chaudière à écorces, on peut envisager d'y incinérer les boues après les avoir concentrées à 15 ou 20%. Cependant la production de calories de la chaudière à écorces est ainsi diminuée ; comme une usine de pâtes est en léger déficit d'énergie, il faut trouver le complément de l'énergie ainsi perdu, soit en achetant plus d'électricité soit en consommant plus de mazout dans une chaudière d'appoint.

3.2.4.3 - Digestion des boues

Ce traitement vise à faciliter la deshydradation de la masse, à réduire le volume de la boue, à la rendre imputrescible. Il s'agit d'une fermentation anaérobie.

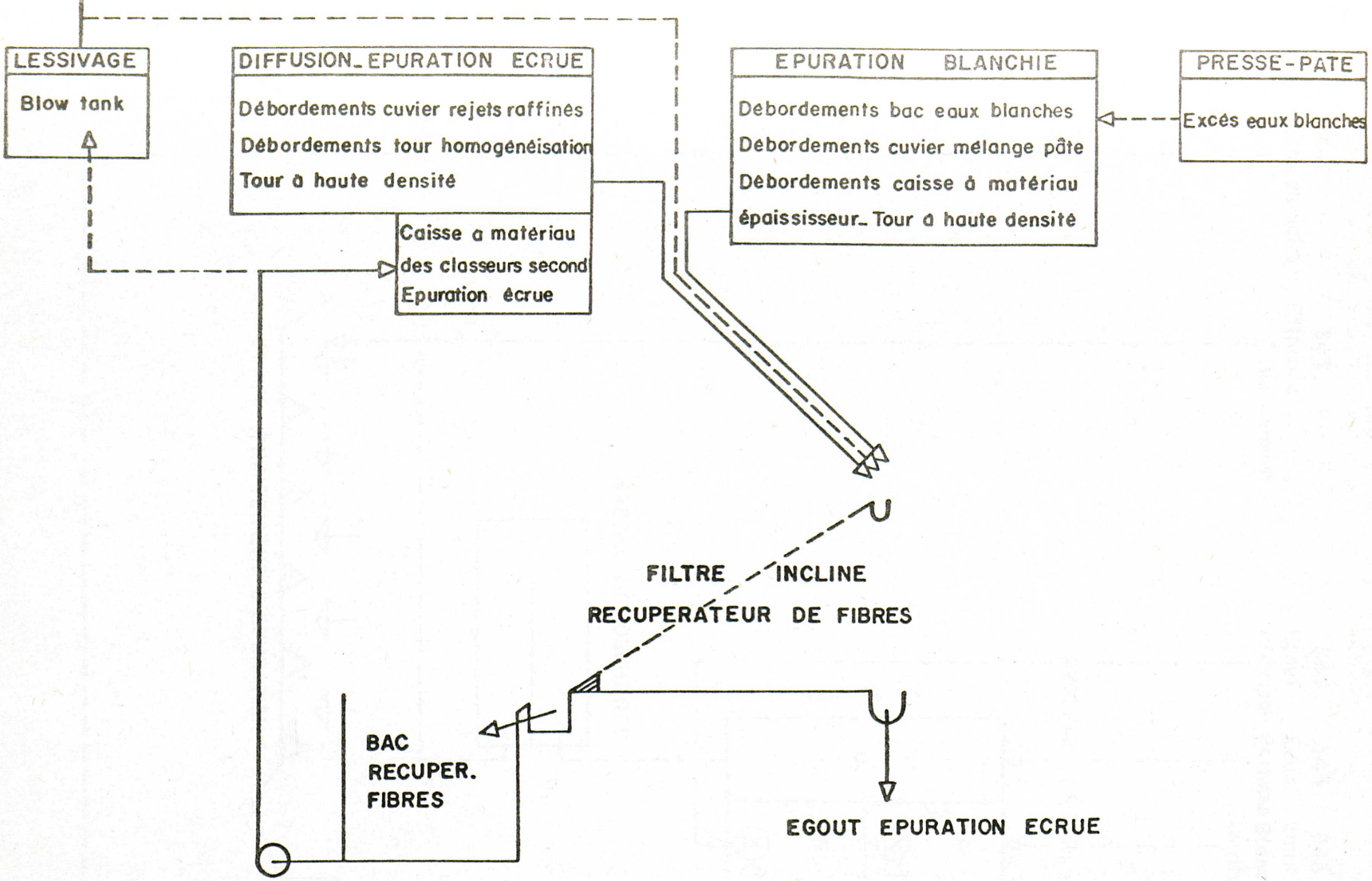
Mise en train d'un digesteur

Une fosse de digestion remplie au moment de sa mise en service d'eau usée fraiche subit d'abord une fermentation acide pendant une certaine période. Il ne se dégage alors que de l'hydrogène, du gaz carbonique et des gaz nauséabonds. Cette fermentation n'agit que très lentement et n'a pas d'effets intéressants. Peu à peu se développe un second mode de fermentation qui est nommé fermentation alcaline (ou basique). C'est la digestion proprement dite. On peut mettre un digesteur artificiellement en train en le remplissant d'abord partiellement avec de la boue d'un autre digesteur en plein fonctionnement (fermentation basique). On peut aussi utiliser la chaux mais cette méthode est moins sûre (IMHOFF, manuel d'assainissement urbain).

Fermentation basique

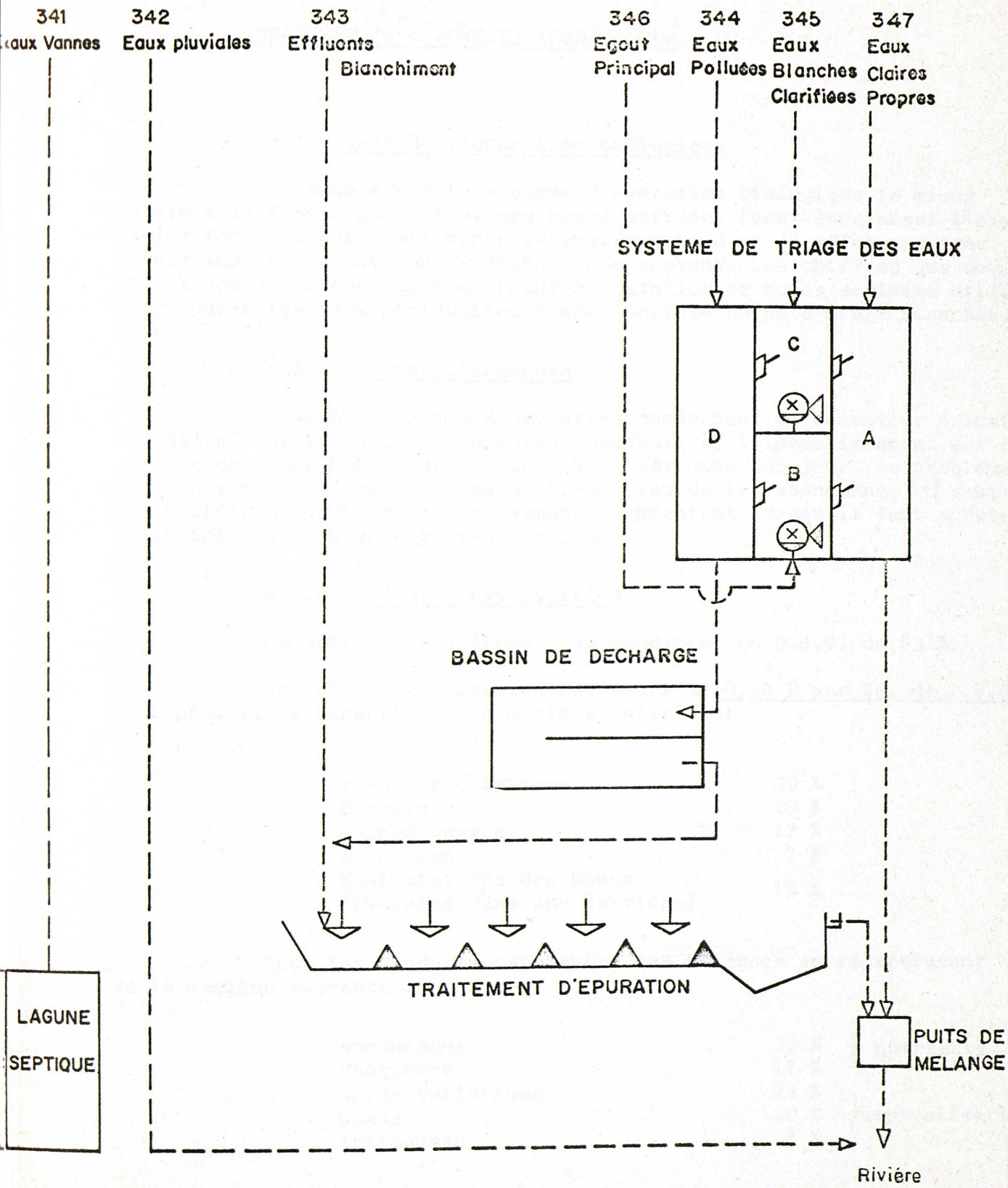
Son effet est très fort. La boue est tellement désintégrée qu'il est impossible de distinguer quoique ce soit des composants initiaux. Elle perd beaucoup de son humidité et est de plus facile à déshydrater. Pendant cette fermentation, il se dégage un gaz inodore riche en méthane que l'on récupère et qui sert à chauffer le digesteur. La réaction de digestion est en effet notablement accélérée par une élévation de la température jusqu'à 30°C environ. Le séjour des boues dans la fosse est d'environ un mois.

Les boues sont ensuite déshydratées sur un lit de séchage.



Projet de récupération des fibres

SELECTION DES EFFLUENTS



CHAPITRE IV - DONNEES ECONOMIQUES -

4.1 - Coût de l'épuration biologique

Il semble que le système d'épuration biologique le mieux adapté à la France soit celui des boues activées (peut-être aussi l'oxysation totale). Les traitements extensifs demandent en effet une très grande superficie dont on ne dispose pas souvent. Les chiffres que nous allons donner ci-dessous concernent une station de boues activées utilisée pour épurer les eaux résiduaires d'une fabrique de pâte kraft blanchie.

4.1.1 - Investissements

Pour une station d'épuration comprenant un décanteur primaire, un bassin d'aération et un décanteur secondaire, l'investissement est de l'ordre de 500 à 600 F par Kg. de D.B.O. détruite par jour. Le problème des boues n'est alors pas résolu. Si au lieu de les abandonner on veut les brûler, les coûts d'investissements augmentent lorsqu'il faut acheter un incinérateur ou un digesteur de boues.

4.1.2 - Coût d'exploitation

La stâtion considérée a un rendement en D.B.O. de 83 %.

Le coût d'exploitation est alors de 0,32 F par Kg. de D.B.O. éliminée. Il se répartit de la manière suivante :

Produits chimiques	30 %
Energie	29 %
Main-d'oeuvre	17 %
Entretien	7 %
Manipulations des boues (évacuées dans une carrière)	17 %

Pour les produits chimiques, les dépenses se répartissent de la manière suivante :

Ammoniaque	33 %	nutrients
Phosphore	17 %	
Acide sulfurique	23 %	neutralisation
Chaux	20 %	
Antimousse	7 %	

...

4.1.3 - Comparaison avec d'autres techniques d'épuration

Pour un même procédé d'épuration, les valeurs des coûts d'exploitation peuvent être notablement différentes d'une usine à l'autre. Il est donc difficile de faire des comparaisons économiques des différentes techniques d'épuration. Il semble cependant qu'on puisse tirer les conclusions énumérées ci-après. (en prenant comme base de comparaison une station de boues activées).

- le lagunage aéré à un coût d'exploitation nettement plus bas
- les lits bactériens sont d'un investissement plus élevé mais d'un coût d'exploitation plus faible. Cependant, le coût (amortissement compris) d'élimination d'un Kg de D.B.O. est à peu près équivalent
- pour le procédé d'oxydation totale, nous avons relevé deux valeurs : une de 0,09 F, l'autre de 0,39 F par Kg de D.B.O. éliminée ! Théoriquement le coût d'exploitation devrait être moins élevé que pour les boues activées

4.2 - Comparaison du coût de l'épuration et des redevances de pollution -

Nous allons voir si le niveau des redevances incitera les industriels à construire des stations d'épuration. Successivement nous examinerons l'incitation à construire un décanteur, puis l'incitation à construire une station biologique.

4.2.1 - Epuration primaire

Rappelons que pour le calcul des redevances, le poids de matières oxydables est calculé après une décantation de deux heures. Donc l'installation de décantation primaire ne réduira pas la redevance au titre des matières oxydables mais simplement à celui des matières en suspension.

4.2.1.1 - Estimation du coût d'investissement

Le volume du décanteur par tonne/jour de pâte dépend évidemment de la consommation d'eau par tonne de pâte. Celle-ci est très variable selon le taux de recyclage et les procédés.

Supposons que la consommation spécifique soit de 200 m3/t. (la consommation des usines modernes est inférieure en général). Si on suppose une décantation de deux heures et demi le volume nécessaire est alors de 20 m3 par tonne/jour de pâte. Le coût d'un décanteur étant d'environ 100 F/m3, l'investissement pour une tonne/jour de pâte serait alors de 2.000 F.

...

4.2.1.2- Economie réalisée sur le niveau des redevances

Les boues obtenues dans la décantation primaire sont facilement déshydratables et elles peuvent être brûlées (dans une chaudière à écorces par exemple) ou bien épandues. Dans ces conditions les coûts d'exploitation sont faibles. Nous les négligerons en première approximation.

Supposons alors que les rejets de matières en suspension de l'usine dont nous avons parlé dans le paragraphe précédent soient de 40 Kg par tonne de pâte. Selon les bassins la redevance varie de 10 F à 20 F/an par Kg/jour de matières en suspension.

Sans décantation la redevance au titre des matières en suspension varierait de 400 à 800 F par an par tonne/jour de pâte. Avec une décantation d'un rendement de 90 %, l'économie réalisée serait donc de 360 à 720 F par an par tonne/jour de pâte.

4.2.1.3 - Conclusion

Dans le cas étudié un investissement de 2.000 F permet d'économiser de 350 à 700 F par an par tonne/jour. L'industriel a alors tout intérêt à réaliser cet investissement et à construire un décanteur. Ceci d'ailleurs d'autant plus qu'il aura probablement une subvention de 50 % de l'investissement de la part des agences de bassin.

Nous avons étudié un cas moyen. Il semble cependant que ce raisonnement soit vrai dans pratiquement toutes les usines.

Donc, le niveau des redevances doit inciter les papetiers à construire un décanteur primaire.

4.2.2. - Epuration secondaire

Supposons donc qu'une usine possède un traitement primaire. Nous allons faire la même étude que précédemment pour voir si la redevance incite à faire un traitement biologique.

Tous les calculs sont ramenés à la production d'une tonne de D.B.O. par jour.

4.2.2.1 - Niveau de la redevance sans l'épuration biologique

Nous ferons les suppositions suivantes :

...

. les rendements en D.B.O. et en D.C.O. du décanteur primaire sont égaux à 30 %

. le rapport $\frac{\text{D.C.O.}}{\text{D.B.O.}}$ est égal à 3

. la redevance au titre des matières en suspension est négligeable par rapport à la redevance totale

Pour une tonne par jour de D.B.O. entrant au traitement, la D.B.O. sortante est donc 0,7 tonne et la D.C.O. 2,1 tonnes par jour. Le poids de matières oxydables ($\frac{\text{D.C.O.} + 2\ \text{D.B.O.}}{3}$) est alors 1,2 tonnes.

Selon les bassins, les taux de redevance varient de 10 à 30 F par an par Kg/jour. La redevance annuelle varie alors de 12.000 à 36.000 F par an par tonne/jour de D.B.O.

4.2.2.2 - Coût du traitement biologique

Nous ferons les suppositions suivantes :

. le rendement total d'élimination de la D.B.O. est de 83 %

. le rendement en D.C.O. est de 50 %

. le rapport $\frac{\text{D.C.O.}}{\text{D.B.O.}}$ à l'entrée est de 3

. le coût d'exploitation de l'épuration par boues activées est de 0,30 F

. le coût d'investissement est de 500 F par Kg de D.B.O. par jour éliminée.

Pour une tonne/jour de D.B.O. entrant dans la station on en élimine donc 830 Kg.

Les frais d'exploitation annuels sont donc :

830 x 0,3 x 360 = 90.000 F par tonne/jour de D.B.O.

Mais la redevance n'est pas totalement supprimée.

...

Il reste en effet 1,5 tonne de D.C.O. et 170 Kg de D.B.O. soit 0,6 tonnes de matières oxydables. La redevance est alors de 6.000 à 18.000 F par an selon la localisation de l'usine.

Il reste de plus un coût d'investissement de 420.000 F d'investissement par tonne/jour de D.B.O.

4.2.2.3 - Conclusion

Contrairement au cas étudié dans le paragraphe précédent, la redevance n'incite absolument pas les industriels à faire un traitement biologique. Comme les coûts de fonctionnement sont supérieurs aux coûts des redevances, une subvention des investissements ne saurait être suffisante.

4.3. - Incidence sur les prix de revient de l'épuration

4.3.1 - Traitement primaire

Nous continuons à négliger les frais d'exploitation et nous allons simplement déterminer les charges financières causées par l'investissement en reprenant l'exemple du paragraphe 4.2.1 -

L'investissement se montait à 2.000 F/tonne par jour. Nous supposons pour ce calcul :

. qu'il n'y a pas de subvention

. que le financement est fait par un emprunt à 20 ans au taux de 9,5 % (ce qui n'est pas le cas le plus favorable)

L'annuité correspondante est de 0, 1135 F pour 1 F.

La charge financière annuelle est alors de 227 F. Ceci représente 0,65 F par tonne de pâte. Si, on considère de plus une subvention de 50 % de la part de l'agence financière de bassin et un emprunt à taux d'intérêt plus bas, on voit que, par rapport à un prix de vente de l'ordre de 500 F la charge n'est pas exagérée.

4.3.2 - Traitement secondaire

Dans ce cas la charge dépend essentiellement du procédé et du taux de récupération de la liqueur noire.

...

. pour une pâte Kraft blanchie récupérant à 97 % et produisant 40 Kg de D.B.O. par tonne, les frais d'exploitation seraient de 12 F et la charge financière (subvention 50 %, prêt 20 ans à 9,5 %), 3,2 F soit 15,2 F par tonne pour un prix de vente de 500 F ceci correspond à 3 % du prix de vente

. pour une pâte au bisulfite récupérant à 95 %, produisent 60 Kg de D.B.O. par tonne, la charge est alors de 23 F (5 % du prix de vente)

. pour une pâte mi-chimique produisant 180 Kg par tonne, la charge serait de 70 F/tonne.

. pour une pâte au bisulfite sans récupération produisant 300 Kg par tonne, la charge serait de 115 F par tonne !.

On voit donc que cette charge est impossible à supporter pour les pâtes au bisulfite sans récupération, et les pâtes mi-chimiques, difficile à supporter pour les bisulfites avec récupération et lourde pour les pâtes Kraft.

4.4. - Remarque : utilisation du pouvoir auto-épurateur

Nous avons déjà dit (chapitre I) que les capacités de réception d'effluents pollués par un cours d'eau varient au cours de l'année. On peut rejeter une plus grande quantité de D.B.O. en hiver qu'en été car le débit est plus faible dans ce dernier cas et la plus grande activité bactérienne fait baisser plus vite le taux d'oxygène dissous. Nous avons vu que pour l'exploitation d'une station de traitement biologique, les frais proportionnels sont très importants. Or, il n'est souvent pas nécessaire d'épurer l'effluent à 85 % toute l'année et on pourrait envisager d'arrêter la station que pendant n jours d'hiver et de demi-saison, le reste du temps de ne faire qu'une décantation primaire.

Les frais fixes sont alors :

. les investissements calculés pour la période d'épuration maximale

. nous ajouterons la main-d'oeuvre qu'on ne supposera pas saisonnière.

Les frais proportionnels :

. produits chimiques

. énergie

. entretien

. traitement des boues

...

Dans le cas du paragraphe 4.1.2- les frais proportionnels pour une exploitation saisonnière sont de 0,27 F par Kg de D.B.O. éliminée.

Donc, pour une tonne par jour de D.B.O. produite et par rapport à une épuration à 83 %, l'économie réalisée en arrêtant la station pendant n jours sera de 270 x 0,83 x n F soit 225 x n F. Pour 150 jours d'arrêt par an, on économiserait ainsi 34.000 F par tonne/jour de D.B.O. produite. En reprenant les hypothèses du paragraphe 4.3.2 - (subvention 50 % prêt en 20 ans à 9,5 %) la charge annuelle qui était 11.500 F avec un fonctionnement continu, devient 11.500 - 225 n. Si n = 150 jours, l'économie effectuée représente 30 % de la charge annuelle en cas de fonctionnement permanent.

Cette méthode d'exploitation est souvent pratiquée aux Etats-Unis, la contrainte imposée par l'Administration étant (par exemple) que le taux d'oxygène dissous ne tombe pas au-dessous de 3 p.p.m.

*

* *

CHAPITRE V - SITUATION ECONOMIQUE DES USINES DE PATE A PAPIER EN FRANCE

5.1. - Caractéristiques et spécificité de l'activité trituration des pates

5.1.1. - Le marché des pâtes en France

En comparaison avec les pays d'Amérique du Nord et de l'Europe du Nord la consommation de papiers et cartons par habitant en France ne parait pas très importante.

	1957	1967	Accroissement
Allemagne	66,2	98,2	48,3
Belgique Pays-Bas	62,5	97,6	56,3
France	51,8	80,2	54,8
Italie	21,7	56,1	158,5
Royaume Uni	80,6	115,5	43,3
Pays scandinaves	85,0	147,2	73,2
Amérique du Nord	181,0	214,2	18,5
Japon	31,4	88,5	181,8

(Consommation annuelle de papier carton exprimée en kg par habitant Source OCDE 67-68)

La consommation de papier carton par tête d'habitant traduit en fait assez sensiblement le niveau de vie d'un pays le sociologue André SIEGFRIED n'a-t-il pas dit que la consommation papetière mesurait le degré de civilisation ? Il faut donc attendre en France un accroissement assez considérable de cette consommation.

Par catégories de pates la consommation apparente (production + importation - exportation) française donne les tendances suivantes :

	1961	1967	1968	Accrois. Annuel	Prévision 1970
Mécanique et mi-chimique	627	697	708	1,05	850
Bisulfite écrue	282	160	140	- 7,2	275
Soude écrue	357	454	450	3,35	475
	507	936	1037	14,1	1260

(Milliers de tonnes - Sources : Centre d'Etude et de productivité des industries papier, carton et cellulose 68, rapport Vème Plan).

./...

L'évaluation prévisible est caractérisée par une faible progression de la pâte mécanique liée a un développement très lent dans la production de papier journal et une certaine desaffection de la clientele à l'égard des catégories de papier impression-écriture à partir de pâtes mécaniques,

Une progression sensible de la pâte à la soude écrue et des différentes pâtes blanchies de provoquée par le développement considérable des besoins en papier d'emballage et de papier d'impression écriture de belle qualité,

Un recul de la pâte au bisulfite écru dont l'emploi perd du terrain au profit des différentes pâtes blanchies, bisulfite et soudes de résineux comme de feuilles,

Une diminution nette des pâtes blanchies de végétaux annuels.

5.1.2. La production de pâte en France

Face à cette consommation prévue, comment la branche compte-elle satisfaire les besoins?

L'industrie française des pâtes n'a jamais couvert la totalité des besoins de l'industrie des papiers et cartons et de l'industrie des textiles artificiels qu'elle approvisionne.

La couverture est, en 1967 pour la pâte mécanique de	87%
pour la pâte mi-chimique de	83,5%
pour la pâte bisulfite de	64,3%
pour la pâte au sulfate de	56,5%

L'insuffisance de production est due principalement au manque de matière première, la fibre de cellulose de bois

L'importation de bais, seul remède à court terme à cette situation est économiquement peu rentable et a tendance à regresser. En 1961 23,3% du bais utilisé à la trituration était importé, en 1968 le pourcentage est tombé à 10,8%.

Bien heureusement la réception de bais français a pu augmenter. Pour les résineux cette reception est passée de 3.191.700 à 4.446.400 stères (soit de 1.395.000 à 1.940.000 tonnes) de 1961 à 1967, ce qui représente une croissance de 40% en 6 ans.

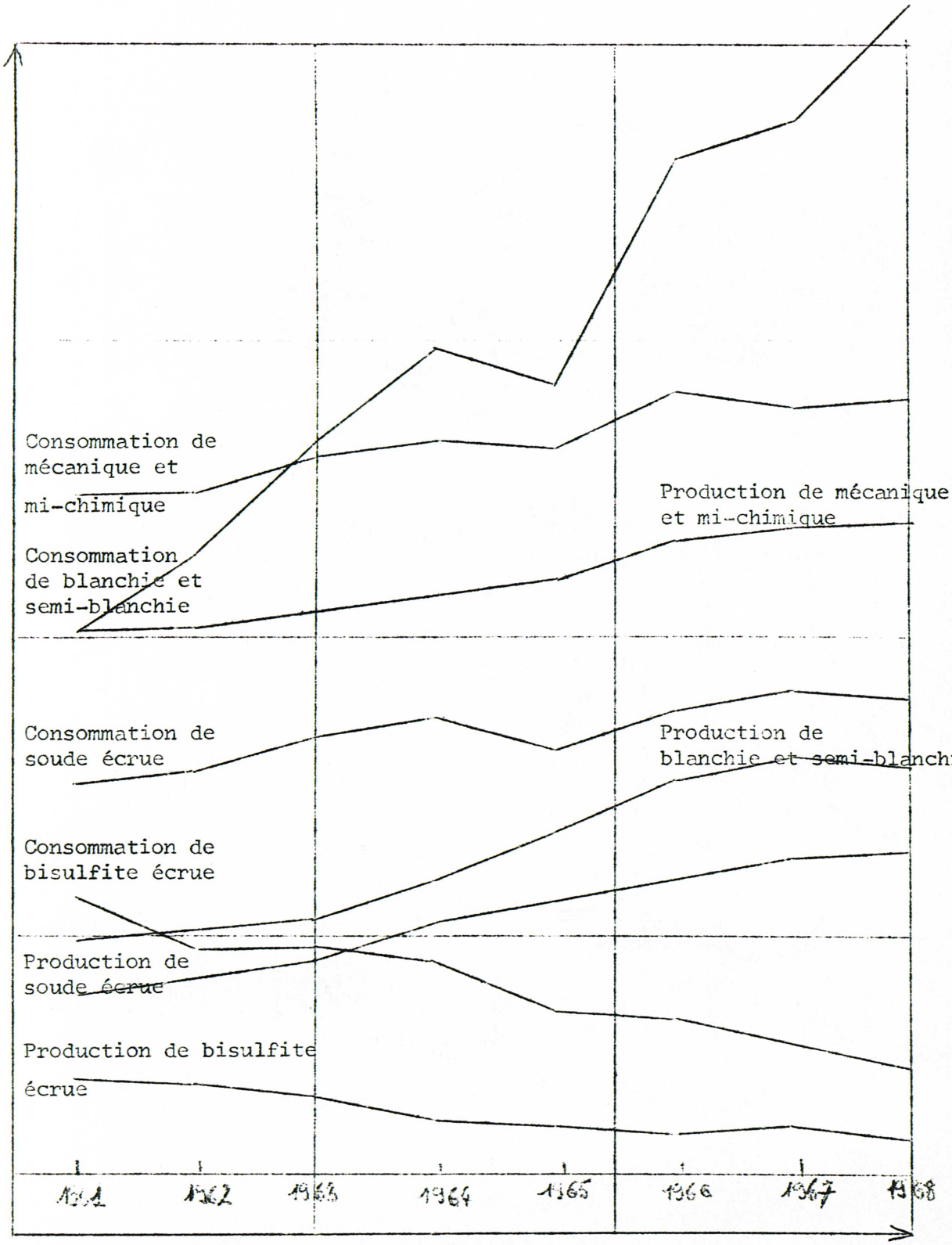
Pour les feuilles la réception est passée de 2.359.200 à 2.977.200 stères (de 1.678.000 à 1.988.000 tonnes) soit une croissance de 26% en 6 ans. La progression des feuillus doit être plus vive dans l'avenir.

- en raison de leur faible prix
- de la saturation de la production de résineux
- et des techniques qui, adaptées à l'origine aux résineux, donnent des résultats satisfaisant avec certaines essences de feuillus.

./...

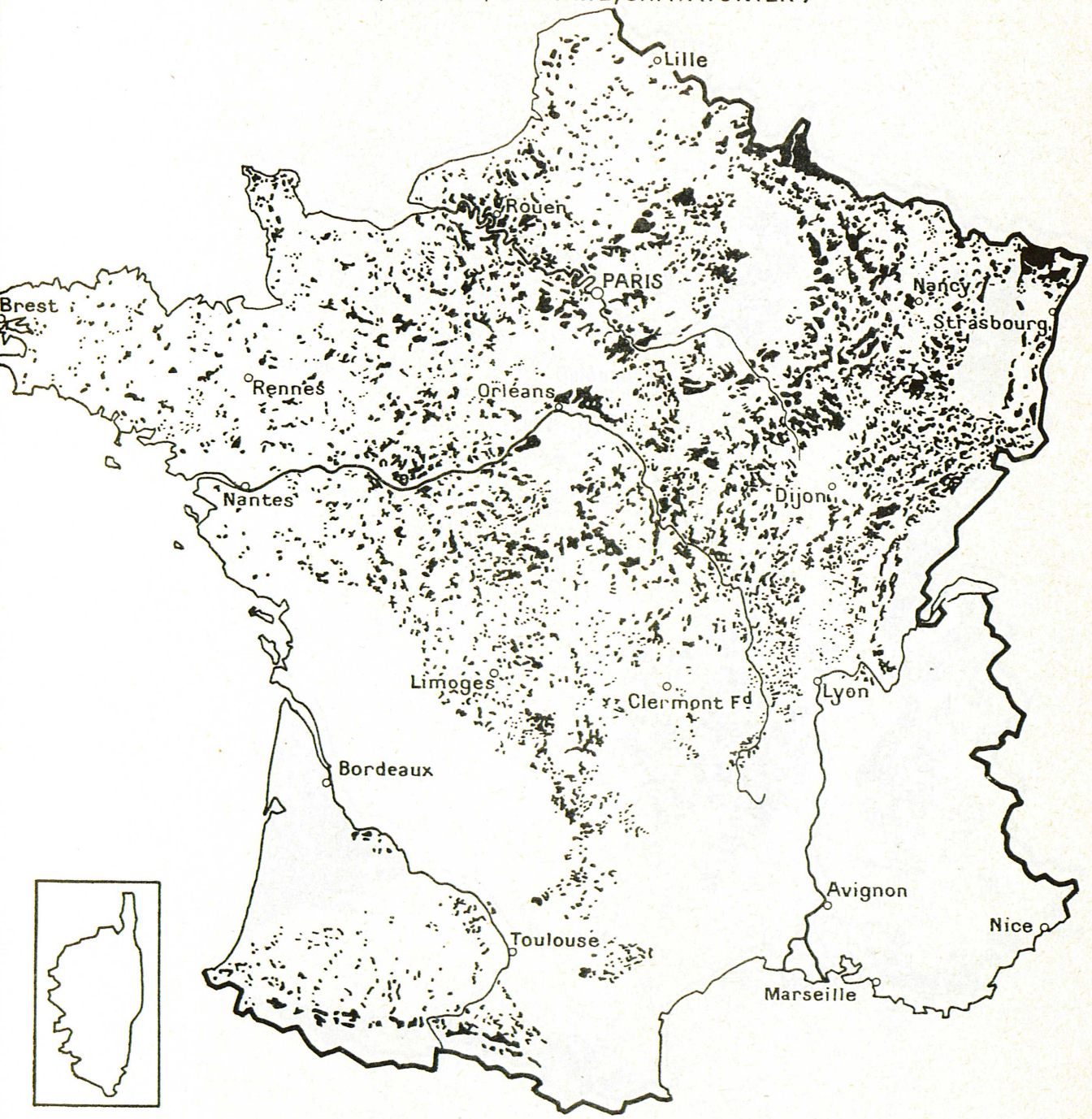
RECEPTION DE PATES FRANCAISES ET ETRANGERES
DANS LES USINES DE PAPIERS ET CARTONS

-oOo-



(Statistiques industrie française des pâtes, papiers et cartons - Avril 1968)

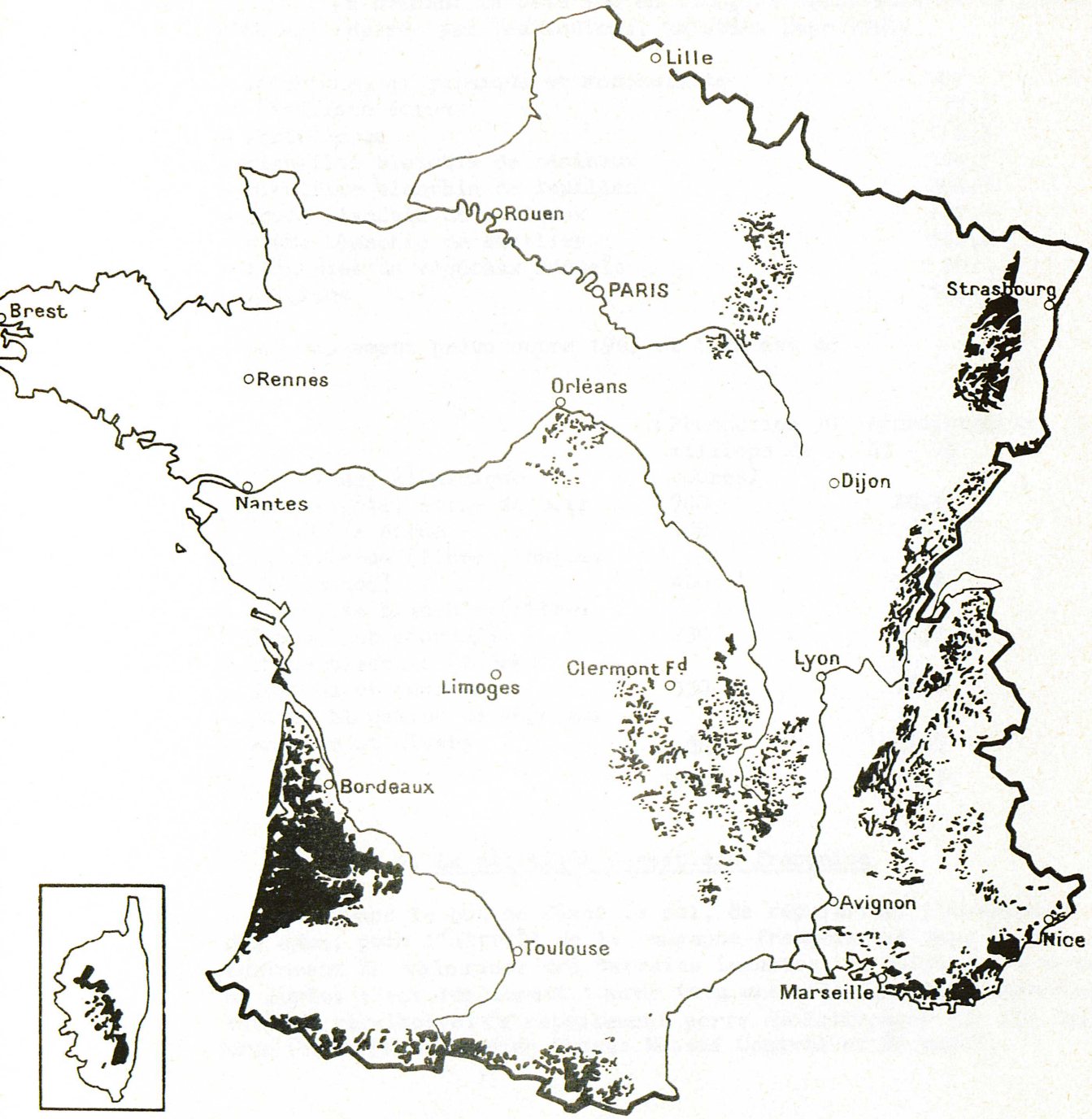
LA FORÊT FRANÇAISE DE FEUILLUS
(CHÊNE, HÊTRE, CHARME, CHATAIGNIER)



LA FORÊT FRANÇAISE DE RESINEUX

SAPIN ÉPICEA, PIN SYLVESTRE, PIN MARITIME, PIN D'ALEP

à l'exception de tous autres résineux



En prenant la base 100 en 1960, la croissance de la production est repérée par les indices, valables pour 1965.

- mécanique, mi chimique et monosulfite	107
- bisulfite écrue	77,7
- soude écrue	153,2
- bisulfite blanchie de résineux	144,8
- bisulfite blanchie de feuilles	206,8
- soude blanchie de résineux	189,8
- soude blanchie de feuilles	133,9
- blanchies de végétaux annuels	50
- diverses	100

L'accroissement prévu entre 1965 et 1970 est de

	(Production 70 millions de tonnes)	Accroissement 65 - 70
- mécanique, michimique monosulfite, écrue de bois	700	26,1
- bisulfite écrue	100	0
- soude écrue (fibres longues et courtes)	400	38,8
- bisulfite blanchie (fibres longues et courtes)	330	33,1
- soude blanchie (fibres longues et courtes)	330	28,9
- pâtes blanchies de végétaux annuels et divers	40	48,1
	1900	29,2

5.1.3. La politique forestière française

Dans le but de fixer le sol, de régulariser l'écoulement des eaux, pour l'attrait de la campagne française et dans le but également de valoriser des terrains incultes, le service des eaux et forêts s'est résolument tourné vers une politique de reforestation du territoire. Ce reboisement porte exclusivement sur les résineux (triangle hercynien Vosges Massif Central et Bretagne).

Il existe d'autre part une proportion importante de forêts de feuillus encore mal exploitées.

Contrairement à certains états voisins comme l'Allemagne où la forêt est propriété des länder, en France la forêt est souvent privée. Or l'exploitation moderne d'une forêt exige un matériel moderne qui ne peut être utilisé que sur des étendus

./...

importantes et il faut voir dans le démembrement de la forêt française un obstacle assez considérable à l'exploitation des essences, donc à l'implantation d'industries utilisatrices et par suite finalement à la valorisation de ces bois.

Néanmoins l'exploitation de feuillus s'avère très rentable dans les régions forestières du Sud et de l'Est et elle a tendance à se rationnaliser dans le Nord et l'Ouest où les essences sont plus clairsemées.

La politique porte ses fruits et l'accroissement de production est déjà sensible, de l'ordre de 6% par an, la production passant de 6 millions de stères en 1963, 8,5 en 1967 et près de 10 millions en 1968.

La forêt française qui couvre actuellement plus de 12 millions d'hectares, et qui permet de couvrir 87,3% de l'approvisionnement en bois, devrait d'après les planificateurs s'étendre sur les terrains libérés par l'agriculture pour gagner 7 millions d'hectares avant la fin de ce siècle.

5.1.3.1. Les principaux consommateurs de bois

- les mines consomment de moins en moins de bois. Ce débauché doit stagner à 1 million de stères
- le sciage est en légère croissance
- le chemin de fer a fortement réduit sa consommation de bois
- les P et T, conjonctuellement, ont besoin de 300 000 m3 pour les poteaux télégraphiques
- la trituration de la pâte est en croissance de 5 à 7% par an, et consomme en 1967 6,25 millions de stères de bois français
- le gros concurrent est l'industrie du panneau de particules et de fibres dont l'activité est en très forte croissance (10% par an).

Ces deux dernières industries devraient néanmoins pouvoir se partager le marché du bois sans trop de difficultés. En effet,

- la taille des unités de production est très différente, et l'industrie des panneaux pourrait se contenter des petits massifs forestiers,

- le panneau de particules est un produit moins élaboré que la pâte à papier. Son coût de transport est proportionnellement beaucoup plus élevé (rapport de 1 à 4). L'implantation des unités de production doit donc être envisagée au voisinage des centres de consommation.

./...

5.1.3.2. Prix du bois et perspective d'évolution du prix

Les prix moyens, sont déterminés wagon départ.

Pour les feuillus le prix est de 20 à 24F par stère.

Il y a actuellement une grosse demande sur un marché limité, et les prix devraient monter substantiellement.

Pour les résineux le prix est de 38 à 42 F par stère pour le pin

de 47 à 50 F par stère pour lépicea.

Le marché étant stabilisé, ces prix ne devraient pas augmenter sensiblement plus que le coût de la main d'oeuvre.

5.1.3.3. - Coût de transport du bois

Ce poste est important dans le prix de revient de la pâte.

On évalue à 10 à 15% la part du transport dans le compte d'exploitation des sociétés.

Pour une usine dans le Nord ce pourcentage monte à 17%.

Pour l'usine de la cellulose du Rhône à Tarascon, qui utilise des bois du Massif Central et des Alpes, ce pourcentage est de 12%.

Une idée de la part du transport dans le prix de revient peut être donnée avec les chiffres suivants :

Pour une distance de 200 km, le cout par stère est évalué à 8 à 12F, soit de 16 à 24 F par tonne.

5.1.3.4. Prix du bois dans la pâte

Le prix du bois, rendu coupeuse (à l'atelier de fabrication des copeaux) est doublé par le transport, le stockage et la manutention.
1 t de pâte exige 3,3 stères pour la pâte mécanique
(prix de vente 42F/T)
5,5 stères pour la pâte chimique écrue
(prix de vente 70 F/T)
7 stères pour la pâte textile
(prix de vente 90F/T).

./...

5.1.4. - Les investissements dans l'industrie des pâtes à papier

L'industrie des pâtes est une industrie qui exige beaucoup de capitaux et des investissements considérables.

Il faut compter 90 000 F d'immobilisation brute en moyenne par salariés, alors que ce même salarié ne produit en moyenne que pour une valeur de 80 000 F par an.

A titre indicatif dans le rapport du Ve Plan on retient comme valeur d'investissement d'extension d'usine les valeurs suivantes :

1 000 F par tonne/an de pâte mécanique et mi-chimique
1 500 F pour les pâtes chimiques écrues
1 750 F pour les pâtes chimiques blanchies
1 200 F pour une machine à papier

On pourrait chiffrer le coût de l'installation d'une unité de production de 300 T/j de pâte chimique à

10.000 000 pour l'atelier de cuisson continue
1.500 000 pour le lavage et le stockage de la pâte
6.500 000 pour la concentration de la liqueur
11.500 000 pour la chaudière de récupération
7.000 000 pour la centrale et les auxiliaires de chaufferie
1.500 000 pour la préparation de la lessive

Soit un total approximatif de 40.000 000 F.

Cette valeur correspond à un investissement de 1 666 F par tonne de pâte.

Bien des usines intégrées doivent ajouter à cet investissement celui d'une machine à papier. Par exemple, une machine à papier moderne d'une capacité de 120 000 T/an est évaluée à 40 000 000 F. et il faut ajouter à cette valeur le coût de l'installation et des matériels qui permettent son utilisation (Commande de la machine, raffineurs...) que l'on peut estimer à 30.000 000 F. L'investissement total s'élève à 70.000 000 F., ce qui représente une immobilisation de 600 F/tonne.

5.1.5. - Politique papetière européenne

A la signature du Traité de Rome, en France, existait un droit de 25 % non entièrement perçu, accompagné d'un système de péréquations sur la totalité des pâtes de façon à protéger efficacement la production nationale.

Les pâtes à papier ayant été placées sur la liste G annexée au Traité de Rome, les droits du TEC pour les pâtes devaient être fixées par négociations entre les Etats membres et non selon la règle générale du Traité (calcul de la moyenne arithmétique des droits existants dans les tarifs nationaux).

Ces négociations aboutirent à la signature d'un protocole signé à ROME en mars 1960 qui prévoyait un droit de douane de 6 % sur les pâtes et permettait aux Etats membres d'ouvrir, s'ils le désiraient, des contingents tarifaires à droit nul égaux à leurs besoins. En même temps, la France était autorisée à maintenir jusqu'à la fin de l'année 1966 le régime d'aide à son industrie des pâtes qu'elle avait mis en place en 1958.

L'Italie et le Bénélux ouvrirent ainsi des contingents tarifaires à droit nul pour toutes leurs pâtes, l'Allemagne pour une partie seulement et la France pour la soude écrue.

En 1965 commencèrent les négociations Kennedy. Les pâtes à papier subirent la règle commune : abaissement de 50 % du droit de 6 % inscrit au TEC.

Pour permettre à l'industrie communautaire des pâtes de supporter la réduction envisagée (qui s'échelonne sur 5 ans), le Conseil des Ministres de la C.E.E. le 14 juin 1966 a autorisé les Etats membres à octroyer des aides à l'industrie des pâtes afin de faciliter l'amortissement des installations existantes et de développer la production des pâtes sur la base de techniques nouvelles.

C'est en application de cette décision et en l'absence de la mise en place d'un régime communautaire dont elle souhaite toujours la réalisation que la France a instauré en août 1968 un nouveau régime d'aide à l'industrie des pâtes, en même temps qu'elle a décidé d'user comme ses partenaires des possibilités offertes par le protocole de ROME en ouvrant des contingents tarifaires à droit nul pour toutes les pâtes qu'elle importe.

5.1.6. - Le marché mondial des pâtes à papier

Ce sont les Scandinaves qui approvisionnent principalement la C.E.E. 71 % des pâtes chimiques et 77 % des papiers cartons importés proviennent de Suède ou de Finlande.

Mais les Etats-Unis et le Canada jouent eux aussi un rôle important. 11 % des pâtes chimiques importées proviennent des Etats-Unis et 8 % du Canada, les résultats étant sensiblement voisins pour les papiers-cartons : 11 % et 2,5 %.

...

	Allemagne	O.E.B.L.	Pays-Bas	France	Italie	C.E.E.	Royaume-Uni	Norvège	Suède	Autriche	Suisse	Finlande	6 + 7 Finlande	Espagne	sous total autres	Europe	Canada	USA	Canada + USA	Japon	OCDE	
Pâte mécanique	689	122	175	472	406	1864	221	954	1260	173	150	1454	4224	146	195	6283	6262	3539	9807	1036	1712	P
	735	141	232	542	475	2125	898	451	885	172	155	1350	3936	151	211	6272	6068	3802	9870	1037	17179	C
Pâte au bisulfite écrue	79	22	–	100	40	241	–	131	663	83	60	685	1622	–	18	1881	1799	375	2174	237	4292	P
	105	39	94	168	178	584	252	128	363	54	68	368	1253	24	64	1901	1618	467	2085	272	4258	C
Pâte au bisulfite blanchie	403	12	–	197	57	669	67	318	988	271	50	421	2162	25	44	2875	752	2047	2799	182	5856	P
	476	90	132	294	292	1284	468	165	277	216	142	128	1431	87	148	2863	282	2273	2555	266	5682	C
Pâte au sulfate écrue	–	26	–	331	14	371	–	135	1785	130	–	1421	3543	91	91	4005	1337	11284	12621	1412	18038	P
	177	40	36	478	183	914	238	161	1246	111	34	912	2775	106	118	3807	1003	11386	12389	1514	17710	C
Pâte au sulfate blanchie	–	89	–	286	–	373	–	54	1621	7	–	1052	2845	80	80	3298	3262	9394	12656	1699	17653	P
	626	133	196	612	413	1980	831	101	390	22	–	396	1799	149	177	3956	917	10331	11248	1987	17191	C
Pâte mi-chimique	44	–	14	116	140	314	22	74	150	17	–	204	527	10	13	854	192	2956	3148	1129	5131	P
	60	–	15	139	151	365	47	48	137	18	–	204	475	10	13	851	188	1956	3144	1129	5124	C
Pâte textile	230	–	–	81	74	385	–	134	384	86	–	272	876	34	34	1295	379	1313	1692	533	3620	P
	322	35	43	157	184	741	323	28	26	69	22	44	515	50	54	1310	75	1008	1083	740	3133	C
Pâte mi-chimique et	26	5	308	89	326	754	–	–	–	–	–	–	24	123	138	916	na	na	na	4	na	P
	26	5	308	97	326	762	1	–	–	2	–	–	27	123	138	927	na	na	na	4	na	C

(Résultats OCDE 1967 – 1968)

L'avenir de l'industrie papetière en Europe dépendant pour une grande part de l'évolution mondiale de la profession, il convient de faire un rapide tour d'horizon des objectifs des grands pays producteurs.

Pour la Scandinavie (Production 50Mm3 de bois par an) le rôle des industries papetières est prépondérant dans l'économie. Le bois et ses dérivés représentent 80% des exportations de la Finlande, et 45% de celles de la Suède. Mais les ressources en bois sont limitées en raison de la croissance lente des essences nordiques, si bien que le taux de croissance de 2,3% parait être un objectif déjà difficile à atteindre.

L'industrie scandinave oriente sa production vers des produits ayant une plus grande valeur ajoutée, donc plus élaborés. La politique commercial de ces pays est donc d'augmenter le prix de vente des pâtes, et d'abaisser celui de leurs papiers, afin de favoriser leur écoulement. Notons que leur réseau commercial, animé par des organismes professionnels tels que Scankraft et Scanneurs est très bien organisé et très puissant dans la C.E.E.

Un autre fait vient menacer la situation privilégiée des scandinaves, le développement rapide de capacités de production au Canada. En dépit de la place favorite que la Scandinavie possède sur le marché européen qu'elle a réussi à rendre partiellement captif, le Canada joue le rôle du leader en matière de prix.

Le Canada possède le 1/10 de la part mondiale (418 Mha), elle est encore très largement sous-exploitée. Le prix du bois est bien inférieur à celui des pays européens, grâce à une implantation rationnelle des usines et à une exploitation industrielle de la forêt. Les unités de production, très modernes, permettent des prix de revient incroyablement bas.

La situation commerciale du Canada est cependant loin d'être brillante. Largement tourné vers les Etats-Unis, le marché s'est retréci, car les Etats-Unis recouvent de plus en plus à leurs propres ressources.

Un surinvestissement a pu apparaître.

Actuellement, le Canada favorise l'implantation d'usines de pâtes sur son territoire qui dépendent de groupes papetiers implantés dans les zones déficitaires.

Les ressources forestières du Canada, bien que très importantes, sont cependant limitées. Pour des raisons analogues à la Scandinavie, le rendement à l'hectare est faible (1 m3/ha/an), et les experts s'accordent à penser que de nouvelles méthodes d'exploitation devront être mises en oeuvre, qui doivent provoquer un rencherissement sensible de la matière fibreuse.

.../...

L'influence des Etats-Unis (316 Mha dont plus des 2/3 exploités industriellement) bien que premier producteur du monde, est cependant beaucoup plus effacé sur le marché international. La production est destinée au marché du continent américain et le marché extérieur ne les intéresse que pour écouler des excédents temporaires.

La saturation du marché intérieur (augmentation annuelle de consommation de 2%) pourrait néanmoins les amener à se tourner plus nettement vers l'extérieur.

Une grosse inconnue subsiste en ce qui concerne l'industrialisation de l'U.R.S.S. dont la forêt représente plus du quart de la forêt mondiale (1131 Mha).

Cette forêt n'est exploitée qu'à 40% et la production de pâte, bien qu'en développement très rapide, ne semble que couvrir à peine le marché intérieur.

Les exportations de bois ont progressé très rapidement de 300.000 m3 en 1957 à plus de 4,2 millions de m3 en 1963.

Il est probable que devant une telle situation les responsables feront appel aux importateurs de fibres pour contribuer à la mise en valeur du territoire par une implantation d'usines de pâte.

Cette politique, le Gouvernement soviétique, semble déjà l'avoir pratiqué vis à vis du Japon.

5.1.7 - Les producteurs de pâte dans la C.E.E.

Historiquement, les marchés nationaux étant assez protégés, les industries de pâtes se sont orientées dans des voies différentes.

L'Allemagne qui possède une industrie déjà relativement âgée a une position assez forte sur le marché de la pâte mécanique. (Elle produit 689.000 tonnes de pâte pour une consommation intérieure de 735.000 tonnes). Le pourcentage d'intégration, 97,83%, est très élevé.

La fabrication de kraft y est interdite en raison des nuisances atmosphériques. Le procédé au bisulfite y est par contre largement utilisé puisque la production intérieure est proche de satisfaire la consommation intérieure. L'intégration est de 58,58% sur la pâte écrue, de 46,59% sur la pâte blanchie. L'Allemagne jouit d'un avantage considérable sur la France, en ce qui concerne l'approvisionnement en bois. Les forêts appartenant en grande partie aux länder sont exploitées rationnellement, ce qui favorise un approvisionnement bon marché.

.../...

L'Italie a tourné sa production vers la pâte mécanique (Intégration 94,98%) puisque la production intérieure suffit presque à la consommation et délaissant la production des pâtes chimiques, s'est orientée vers la mi-chimique de bois et de paille. L'intégration y est de 88,47%.

Le Bénélux n'a pas grande vocation papetière. Une industrie de pâte mécanique travaille sur du bois d'importation (intégration 98,58%). La fabrication de pâte mi-chimique à partir de végétaux annuels y connaît un certain succès (intégration 100%).

La vocation et l'orientation des industries papetières dans la C.E.E. étant très variées, il est très difficile d'établir des comparaisons avec l'industrie de la pâte française. On peut toutefois affirmer que la papeterie française, moins intégrée que celle de ses partenaires est beaucoup plus vulnérable aux attaques des pays étrangers.

POURCENTAGE D'INTEGRATION DE L'INDUSTRIE DES PATES ET DES PAPIERS

Mécanique -	RFA	97,83%
	UEBL	100 %
	France	99,45%
	Italie	94,98%
	Pays-Bas	98,58%
Mi-chimique -	RFA	100 %
	UEBL	100 %
	France	99,02%
	Italie	88,47%
Bisulfite écrue	RFA	58,58%
	UEBL	98,36%
	France	6,89%
	Italie	100 %
Bisulfite blanchie	RFA	46,59%
	UEBL	98,40%
	France	20,27%
	Italie	98,54%
Sulfate écrue	UEBL	100 %
	France	90,73%
	Italie	100 %
Sulfate blanchie	France	9,50%
	Italie	100 %

(Sources CEPAC 1966)

5.2 - Résultats financiers des producteurs de pâte en France -

Les sociétés qui produisent de la pâte en France ont tendance à élargir leur éventail de production et à se réorganiser dans les structure plus verticales en fabriquant, outre la pâte, les papiers et cartons ainsi que les produits élaborés (Caisses, cartons, sacherie, fournitures scolaires, imprimeries ...) de façon à maintenir leur marché captif. Il s'agit d'intégrations horizontales et verticales.

Les données statistiques sur l'industrie spécifique des pâtes sont donc rares et les résultats sont regroupés au sein des industries des pâtes, papiers et cartons.

L'industrie de la pâte a subi une forte crise à la suite de l'effondrement des cours internationaux pendant la période 1964 - 1967 provoquée à la fois par un surinvestissement dans certains pays étrangers et par une stagnation de la consommation.

Cette crise a été particulièrement ressentie dans les milieux financiers et les valeurs de papeterie, en forte baisse de 1962 à 1966, stables mais à un niveau très bas en 1967 se sont repliées de 20% en 1968 (Indice 100 le 29.12.61, indice 36,8 le 31.12.67, indice 28,9 le 15.11.68).

Ces valeurs se sont redressées depuis, mais moins que la situation aurait pu laisser prévoir.

Il faudrait tempérer cependant le profond pessimisme que cette étude pourrait laisser entrevoir sur le plan financier, par les tendances qui apparaissent.

Certes, le marché du bois est tendu et une certaine hausse des prix a pu être enregistrée, cependant, les cours mondiaux des pâtes et papiers sont en nette reprise et la consommation doit croître sensiblement dans les années à venir. De plus le suréquipement mondial est résorbé et la situation, parmi les producteurs semble s'être assainie.

5.2.1 - Analyse financière des informations inscrites au B.A.L.O. concernant l'industrie des pâtes et papiers en 1966 et 1967 -

Résultats généraux de la branche pâtes et papiers :

En 1966, la production était de 1.550.000 T de pâte et de 3.400.000 T de papier : ceci représente approximativement une valeur de 3.500.000.000 F.

La croissance du chiffre d'affaire était de 9% entre 1965 et 1966, elle est tombée à 3,6% entre 1966 et 1967. L'année 1968 marquera une reprise très certaine des affaires.

.../...

Pour l'ensemble de la profession le cash flow brut en pourcentage de la valeur produite est passé de 10,8% en 1962 à 8,5% en 1965, 9,3% en 1966 et 9,2% en 1967. On constate donc une détérioration de la rentabilité du secteur.

En 1966, la rentabilité brute des fonds propres était de 20,9%, la rentabilité nette étant de 5,0%.

La valeur ajoutée, qui était de 34,6% de la valeur produite en 1962. (Chiffre d'affaires HT + vente produits secondaires + augmentation des stocks) est passée à 32,8% en 1965, à 33,8% en 1966, elle aurait crû considérablement en 1967 pour atteindre 36,57%.

Les frais de personnel comptent approximativement pour les 2/3, les amortissements, les impôts et le bénéfice pour l'autre tiers dans cette valeur ajoutée.

Par salarié, les résultats sont intéressants à connaître : en 1967 on comptait 79.000 F de valeur produite pour une immobilisation brute de 89.200 F des fonds propres de 33.700 F.

Sur les 29.000 F de valeur ajoutée, 18.800 étaient distribués comme frais de personnel.

Etude du bilan

Le bilan consolidé de l'industrie, par ses variations dans le temps fait apparaître :

- A l'actif un net effort d'investissement, alors que les stocks varient peu et que le réalisable et le disponible ont même tendance à diminuer. Cette situation s'est confirmée en 1967 puisque les investissements représentent 8,4% du chiffre d'affaire pour 7,3% en 1966.

- Le passif fait apparaître une instabilité. Les fonds propres ne se sont pratiquement pas accrus alors que les dettes à plus de un an ont diminué et que les dettes à moins de un an ont beaucoup progressé. L'industrie a donc financé des investissements à long terme avec des dettes à court terme.

Ce mouvement, déjà très net en 1966, s'est encore accentué en 1967 (ratio du fonds de roulement a baissé de 1,30 à 1,25 en 1966, en 1967, 5,6% des investissements étant financés par du court terme). Cette évolution, bien qu'inquiétante, ne doit pas être considérée comme tragique car elle est en partie conséquence d'une meilleure politique de trésorerie.

- en ne remettant à l'escompte que la part la plus faible possible des effets à recevoir.

- en calculant judicieusement les besoins de trésorerie, selon l'échéancier.

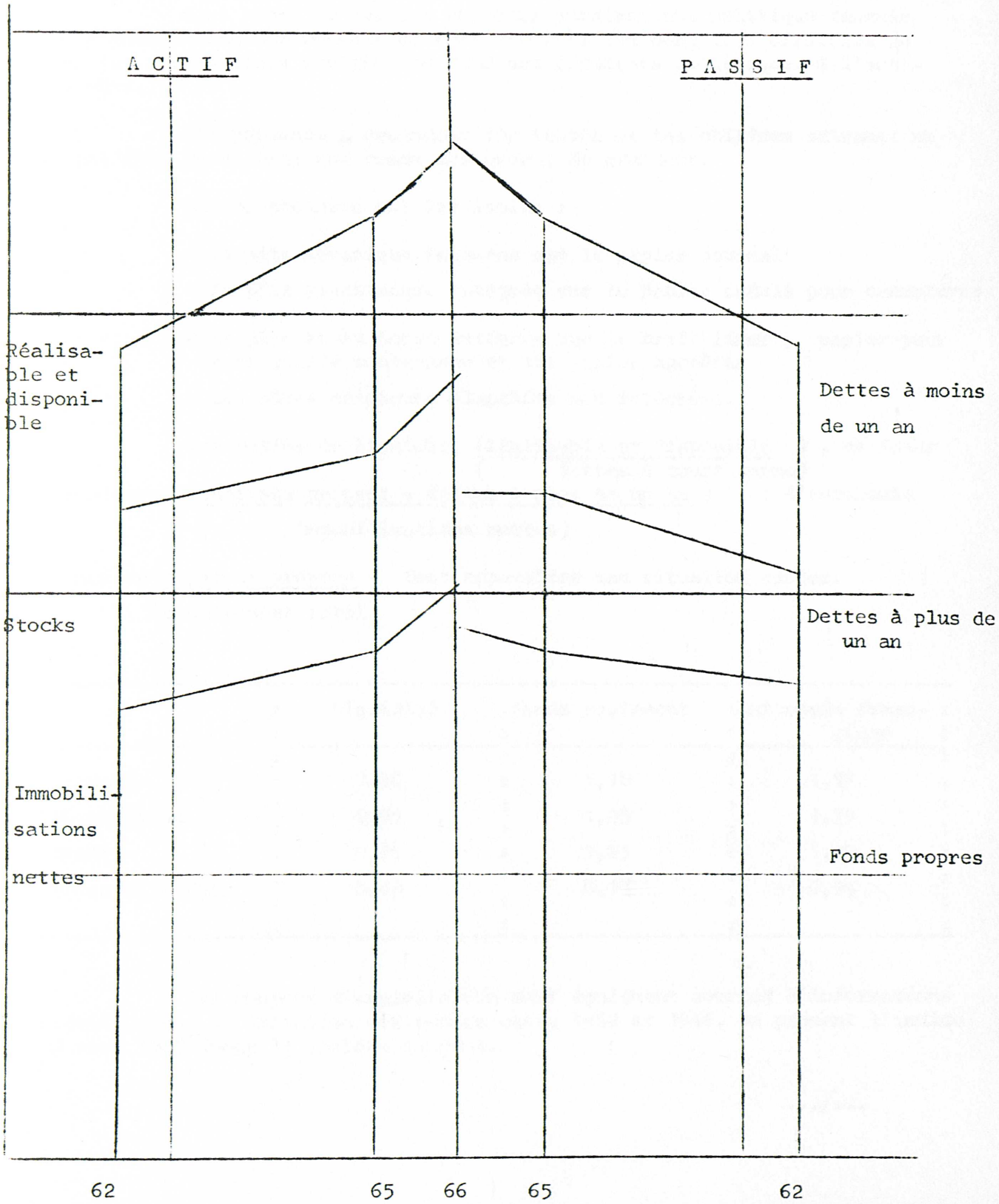
La conséquence en a été un ralentissement de la vitesse de rotation des dettes à court terme.

.../...

REPRESENTATION GRAPHIQUE DE LA VARIATION DES POSTES

DU BILAN ENTRE 1962 ET 1966

-oOo-



5.2.2 - Essai d'analyse du secteur spécifique des pâtes -

Nous avons vu que les sociétés auraient une politique tournée vers l'intégration horizontale et verticale. Il est donc très difficile de tirer des informations publiées au BALO des résultats spécifiques à l'activité pâte.

L'expérience a cependant été tentée et les chiffres suivants ne doivent être considérés que comme des ordres de grandeur.

Quatre secteurs ont été isolés :

- la pâte mécanique intégrée sur le papier journal
- la pâte mi-chimique intégrée sur le papier ondulé pour cannelures
- la pâte kraft écrue intégrée sur le kraft liner , papier pour sacs grande contenance et les papier apprêtés
- les pâtes chimiques blanchies non intégrées.

Les ratios de liquidité $\left(\frac{\text{Réalisable et disponible}}{\text{dettes à court terme}}\right)$, de fonds de roulement $\left(\frac{\text{capitaux propres + dettes à plus de un an}}{\text{immobilisations nettes}}\right)$ et d'autonomie financière $\left(\frac{\text{capitaux propres}}{\text{endettement total}}\right)$ font apparaître une situation tendue.

	Liquidité	Fonds roulement	Autonomie financière
Journal	0,50	1,10	1,37
Mi-chimique	0,99	1,25	1,79
Kraft	0,75	1,23	1,40
Pâtes blanchies	0,48	0,98	0,54

Les comptes d'exploitation sont également sources d'informations intéressantes. La variation des postes entre 1962 et 1966, en prenant l'indice 100 pour 1962 donne le tableau suivant.

.../...

Chiffre d'affaires HT	133	Frais de personnel	138
Produits accessoires	197	Achats consommés	135
Valeur produite	135	Autres charges	144
		Impôts	145
		Dotation aux amortissements	126
		Marge d'exploitation	93

La valeur relative des différents postes était en 1966 :

Salaire 22,9%

Achats consommés ... 53,5%

Autres charges 12,7%

Impôts 1,6%

Amortissements 7,1%

Marge d'exploitation. 2,2%

On note donc un accroissement important des charges soit :

- des frais de transport
- des frais d'entretien
- des primes d'assurances
- des honoraires et frais de location, ainsi que des frais financiers
- des impôts et des frais de personnel, par/contre la marge d'exploitation a fléchi.

La lourdeur des investissements est facile à mesurer par le ratio rendement des immobilisations (chiffre d'affaires HT/Immobilisations brutes + Valeurs immobilisées).

Pour le journal, les pâtes mi-chimiques et le kraft, ce ratio est de l'ordre de 0,75, il tombe à 0,60 pour les pâtes blanchies.

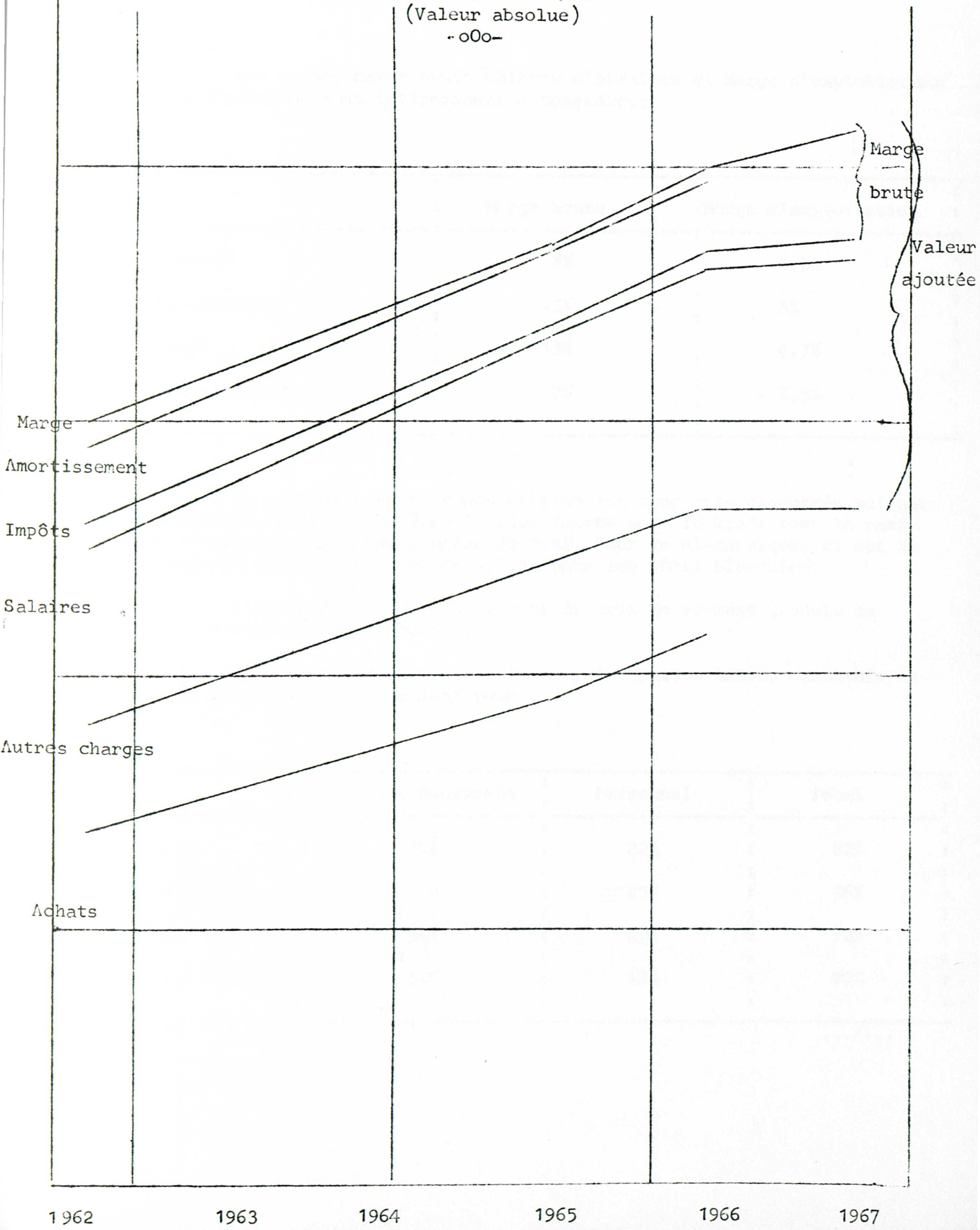
.../...

VARIATION DES POSTES DU COMPTE D'EXPLOITATION

ENTRE 1962 ET 1966

(Valeur absolue)

-oOo-



Les ratios Marge brute/Chiffre d'affaires et Marge d'exploitation/ Chiffre d'affaires sont intéressants à considérer.

	Marge brute	Marge d'exploitation
Journal	8%	1,5%
Mi-chimique	13%	3%
Kraft	13%	4,7%
Pâtes blanchies	7%	- 3,5%

La rentabilité des fonds propres est donc très dispersée suivant les activités. Elle semble être la plus élevée pour le kraft avec le ratio Marge d'exploitation/Fonds propres de 8,5%. Pour la mi-chimique, il est de 5,8%,pour le journal de 3% et de - 3,5% pour les pâtes blanchies.

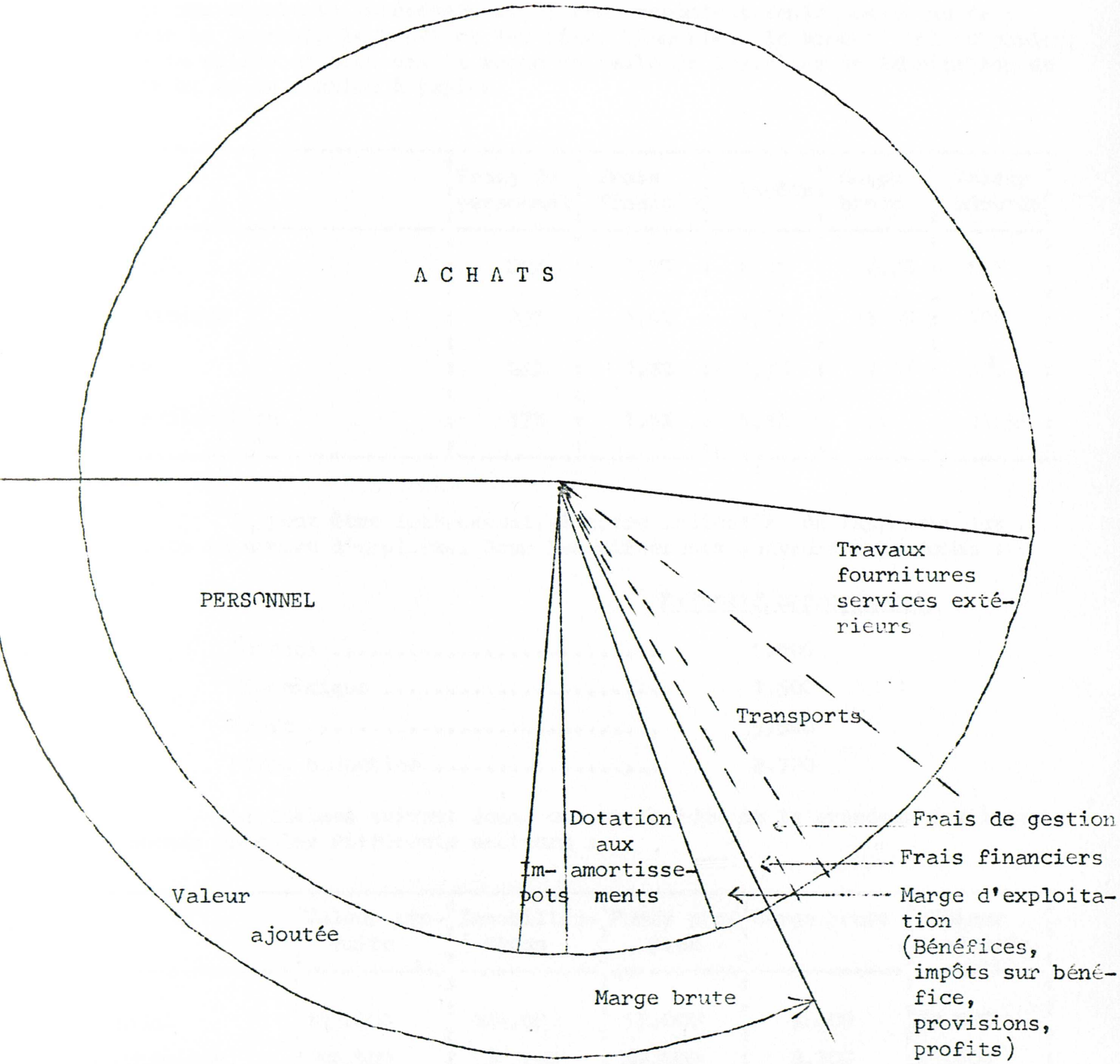
L'étude des différents postes du prix de revient traduit la grande dissemblance des procédés.

Suivant les différents secteurs, les postes Achats consommés et frais de personnel interviennent pour :

	Achats consommés	Personnel	Total
Journal	60%	22%	82%
Mi-chimique	51%	25%	76%
Kraft	50%	22%	72%
Pâtes blanchies	60%	17%	77%

.../...

POURCENTAGES D'EXPLOITATION



La valeur ajoutée, qui comporte les postes :

- frais de personnel
- frais financiers
- résultats bruts d'exploitation
- impôts d'exploitation

fournit des résultats intéressants. Il faut cependant tenir compte du fait que pour le journal, le kraft et les pâtes blanchies, le produit est du papier, et que la valeur ajoutée est la somme de celle de l'atelier de fabrication de la pâte et de la machine à papier.

	Frais de personnel	frais financier	Impôts	Marge brute	Valeur ajoutée
Journal	22%	1,5%	2,1%	8,7%	34%
Mi-chimique	25%	1,0%	1,7%	13 %	40%
Kraft	22%	1,8%	1,7%	12,5%	38%
Pâtes blanchies	17%	1,5%	1,1%	7%	25,5%

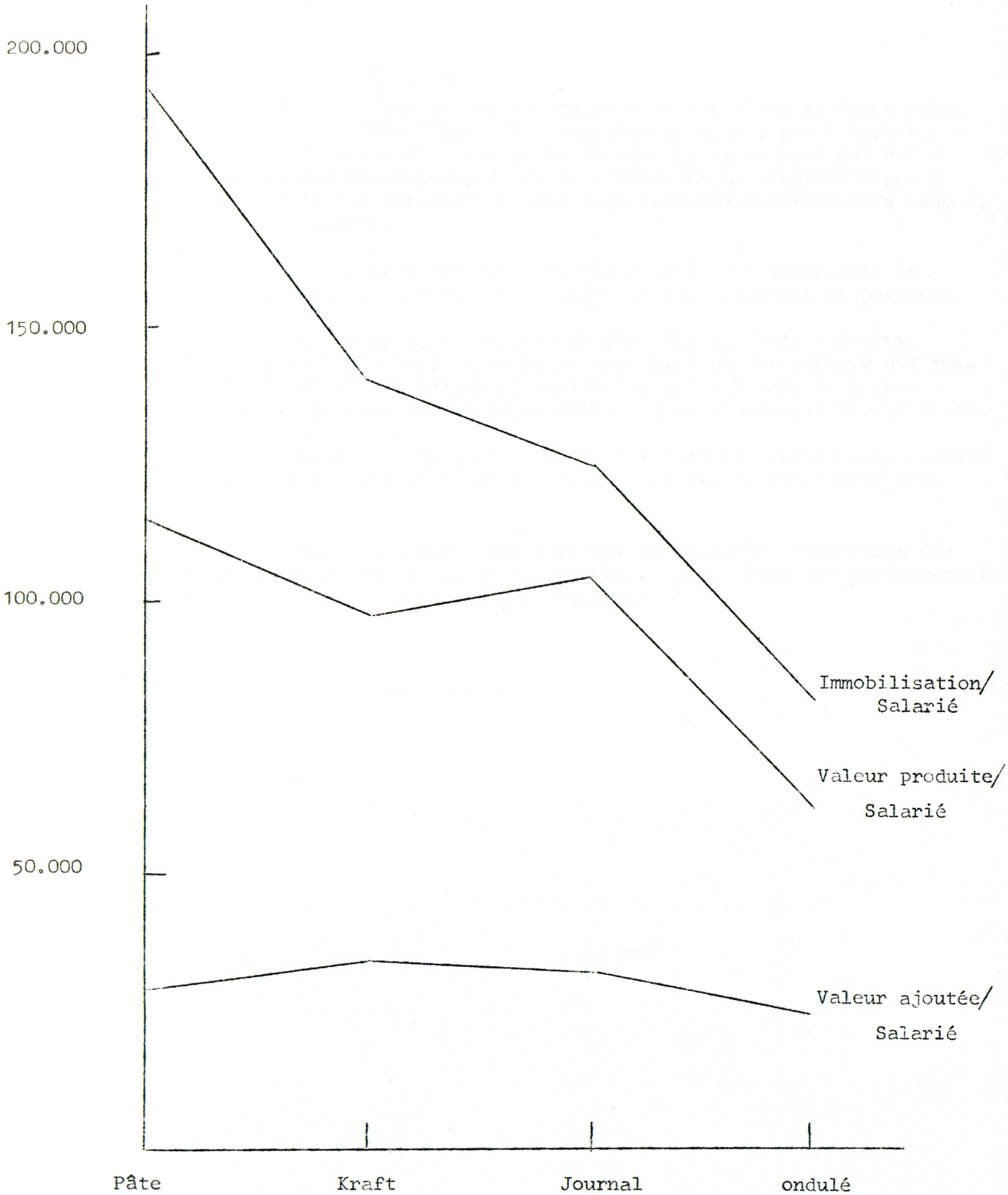
Il peut être intéressant, à titre indicatif, de rapporter les résultats au nombre d'employés. Pour les différents secteurs cela donne :

	Effectif approximatif
Journal	6.500
Mi-chimique	1.500
Kraft	5.500
Pâtes blanchies	2.700

Le tableau suivant donne une bonne idée de la grandeur des investissements dans les différents secteurs :

	Valeur produite	Immobilisations	Fonds propres	Marge brute	Valeur ajoutée
Journal	105.000	125.000	50.000	8.400	32.500
Mi-chimique	62.500	82.000	32.000	8.300	25.000
Kraft	97.000	140.000	54.000	12.500	35.000
Pâtes blanchies	115.000	194.000	53.000	8.000	30.000

SYNTHESE DES RATIOS PAR SALARIE



5.3 - CONCLUSION

5.3.1 - Les activités trituration des pâtes et fabrication du papier qui tendent à être liées, font incontestablement, par l'importance des investissements, partie de l'industrie lourde. Le classement par ratio chiffre d'affaires sur investissement donne d'ailleurs la première place à cette industrie, dans une comparaison avec deux secteurs traditionnels lourds, la sidérurgie et le ciment.

La papeterie est une dame digne qu'il est impossible de brusquer. Toute politique ne peut y être faite qu'avec prudence et patience.

5.3.2 - Si la production de pâte est une activité très capitalistique donc stable dans le temps, la consommation des papiers est très mouvante. Sa variabilité est tellement manifeste, qu'en France le niveau de consommation des papiers est utilisée comme indice d'activité industrielle.

L'industrie ne peut absorber ces à-coups dans la consommation que si elle a les "reins solides", c'est-à-dire, une assise financière très stable.

5.3.3 - Or, nous constatons que la situation financière des fabriquants s'est détériorée au cours des années passées. Ceci est certainement du en partie à un climat économique peu engageant.

CHAPITRE VI - CONCLUSION

CADRE ENVISAGE POUR RESOUDRE LE PROBLEME DE LA POLLUTION DES EAUX RESIDUAIRES DES USINES DE PATE A PAPIER

-oOo-

6.1 - Les solutions techniques au problème -

6.1.1- Traitement des effluents liquides

Nous avons vu que les traitements de dégradation biologique des eaux sont dans beaucoup de cas trop couteux pour que les charges correspondantes soient seules supportées par la profession papetière.

6.1.1.1- Traitements primaires

Nous avons montré que l'élimination des matières sèches en suspension donnait, moyennant des coûts abordables, des résultats satisfaisants. On pourrait envisager l'utilisation de filtres pour récupérer les écorces et les fibrilles qui peuvent être brûlées ou recyclées dans la pâte.

La décantation primaire a un excellent rendement pour la réduction des matières en suspension, et élimine d'autre part une partie importante de la D.B.O. et de la D.C.O. D'autre part, son coût ne semble pas prohibitif. On doit s'attendre à ce su et à de bons résultats de la politique de subvention des agences de bassin.

Nous avons déjà dit que l'enlèvement des matières en suspension était très importante pour la propreté du cours d'eau récepteur à cause de la formation de dépôts qui peuvent entrer en décomposition anaérobie en été.

Les autorités suédoises exigent ces installations.

6.1.1.2- Traitements biologiques

Ils ne sont concevables que lorsque l'usine récupère et brûle la liqueur noire : le degré de récupération doit être élevé (plus de 90 %).

Il s'agit ici moins d'un problème d'investissement que de coût de fonctionnement. Les aides de l'état (sur les investissements) ne sont pas adaptées actuellement à ce problème.

...

Lorsque les conditions s'y prêtent les usines devraient envisager un traitement biologique extensif, (lagunage, lagunage aéré) dont le coût de fonctionnement est plus faible. Aux Etats-Unis où le terrain est bon marché cette solution est très souvent retenue.

Les traitements intensifs (boues activées, lits bactériens) peuvent être envisagés dans certains cas, mais après que le maximum possible ait été fait pour maîtriser la pollution en usine.

6.1.2- Modification des procédés

Compte-tenu du progrès technique, il apparaît que certains procédés qui entrainent une pollution exagérée ne devraient pas être adoptés pour la construction d'usines nouvelles, à moins d'étudier leur localisation en fonction du pouvoir auto-épurateur du cours d'eau récepteur. Nous reviendrons sur le problème de la localisation au paragraphe suivant.

Lorsqu'il existe un procédé de remplacement (comme par exemple pour le bisulfite de calcium) le procédé le plus polluant devrait disparaître au profit des autres.

Pour les procédés mi-chimiques, il n'existe pas toujours de solution de remplacement où la liqueur résiduaire pourrait être traitée. La solution se trouve dans la localisation des usines nouvelles.

Dans les autres cas, il importe de traiter les liqueurs résiduaires après concentration.

L'opération n'est cependant rentable que si :

le pourcentage de récupération des matières chimiques est élevé ; 85 % semble être un seuil inférieur

les opération de lavage et de blanchiment (dans le cas où on pourrait recycler les effluents du blanchiment) consomment peu d'eau afin que la liqueur résiduaire ne soit pas trop diluée.

Ces conditions imposent l'utilisation de matériels modernes de cuisson, de lavage et de blanchiment :

- des lessiveurs discontinus, mais avec des blowtank adaptées
- des lessiveurs continus sans ou avec prélavage par diffusion avant dépotage.

.../...

- pour le lavage, des filtres rotatifs à tambour ou par diffusion. Les techniques modernes doivent permettre une récupération de 95 à 99 % des liqueurs bisulfitiques et de 97 % à 99 % des liqueurs kraft.

Cependant, ces matériels ne sont maintenant rentables que si l'unité de production est assez importante (500 T/j minimum).

De toutes façons, quel que soit le procédé adopté, il importe que toutes les pollutions soient maîtrisées (voir chapitre IV) : le circuit des eaux, les récupérations de trop plein, de fuites sur presse étoupes doivent être étudiés soigneusement. Ces sources de pollution peuvent être facilement réduites à la conception de l'usine, mais les modifications sont parfois d'un coût prohibitif lorsque l'usine est construite.

Avec une telle politique, les autorités suédoises ont constaté que les évacuations de résidus par tonne de pâte des usines modernes peuvent être évaluées à 60 % environ de ce qu'elles étaient il y a cinq ans seulement. Elles espèrent de plus réduire la pollution de 10 % en dépit d'un accroissement de production de 25 % soit une réduction de 28 % de la pollution par tonne de pâte. En France où l'âge moyen des unités de production est comparable à celui des usines suédoises des résultats équivalents pourraient être obtenus.

6.1.3- Localisation

Les déversements de pollution acceptables dans un cours d'eau dépendent

- du débit qui régit la capacité d'auto-épuration (chapitre I)
- de sa destination (loisirs, etc ...)
- des utilisateurs situés en aval (villes industrie). Si une usine est située en amont de ces utilisateurs, il faut qu'elle s'implante le plus loin possible de ceux-ci.

Les procédés dont la pollution est importante devront donc se trouver sur des cours d'eau qui ont une grande capacité de réception d'effluents pollués.

Inversement, il est inutile d'imposer à un industriel une épuration poussée s'il se trouve sur un cours d'eau qui peut facilement recevoir l'effluent qui aurait subi une simple décantation.

.../...

L'implantation d'une usine doit être faite en tenant compte de l'élément exposé ci-dessus ; mais ce n'est pas le seul : l'autre élément qui est important dans le prix de revient est le coût du transport du bois. Il est désolant de constater que pour certaines usines mal implantées, le coût de transport du bois atteint 15 % du prix de revient. A ce propos, avec la politique de reboisement, on peut prévoir que la position géographique des usines en France sera dans l'avenir encore moins bien adaptée qu'actuellement.

Partant d'une politique de valorisation de la forêt par la fabrication du papier, il ne faut pas envisager une implantation de toutes les usines au bord de la mer, comme cela toutefois devrait être pour les usines landaises.

Il faut chercher un compromis entre

- les procédés par leur niveau de pollution
- la capacité réceptrice d'un fleuve ou de la mer
- le coût du transport du bois.

On pourrait par exemple envisager l'implantation d'usines sur le Rhin pour transformer l'épicéa vosgien, sur le Rhône pour le bois du Massif Central ou des Alpes, ou bien y installer des bassins de décantation en barrant des vallées, au bord de la mer dans la forêt landaise ou la Méditerranée.

6.2 Réduction de la pollution dans la fabrication de pâte dans le cadre législatif actuel.

La protection du patrimoine national fait l'objet de trois lois :

- La loi sur la pêche qui permet de sanctionner les abus de pollution des eaux.
- La loi sur les établissements classés de 1917 qui a un caractère préventif, mais d'application délicate.
- La loi sur l'eau du 16 décembre 1964 qui a pour but d'assainir les cours d'eau et d'assurer une gestion plus rationnelle des eaux.

L'esprit de la loi sur la pêche s'est toujours retrouvé dans la mesure de la pollution : la possibilité de survie du poisson a toujours été considérée comme le critère d'une eau non polluée ! C'est une loi certainement de nos jours efficace, bien que d'un usage pénible et difficile.

.../...

La loi sur l'eau doit permettre de mettre sur pied une politique de gestion des eaux. Les redevances ont pour fonction de permettre le financement de travaux d'intérêt commun. Pour le cas des petits pollueurs, on peut considérer que le mode de calcul des redevances tel qu'il est fait en France est suffisant. Il n'en est pas de même pour ce qui concerne les gros pollueurs dont font partie les usines de pâte à papier.

6.2.1- Le point le plus important est que ces redevances sont identiques pour les usines anciennes et pour les usines à construire. C'est de cela que découlent les autres inconvénients énumérés ci-après.

6.2.2- Elles ne sont pas incitatrices.

Nous avons vu que pour certains procédés (mi-chimiques par exemple) les coûts d'épuration biologiques sont très lourds. Il est donc évident qu'on ne peut imposer aux usines anciennes des redevances qui sont équivalentes à ces coûts de fonctionnement, sous peine de les faire fermer, ce qui n'est sûrement pas l'optimum économique. Pour les usines nouvelles, une redevance incitatrice aurait l'avantage de faire tenir compte aux industriels de la pollution des eaux lors de la conception d'une usine.

6.2.3- Le mode de calcul ne tient pas compte des caractéristiques du cours d'eau récepteur que nous avons évoquées au paragraphe 6.1.3 . Le papetier qui déverse une pollution dans un cours d'eau de faible débit (qui se trouvera donc très pollué) paie la même redevance que si ce cours d'eau avait un très gros débit et peut largement recevoir cet effluent sans dommages.

Ceci est logique pour les usines anciennes qui ont été installées à un moment où l'aspect de la pollution des eaux n'était pas une préoccupation majeure. Des redevances calculées en fonction du cours d'eau favoriseraient les usines qui auraient la chance de se trouver au bord de la mer ou d'un grand fleuve ; ceci défavoriserait doublement les autres usines qui auraient de lourdes charges à payer, ne pourraient plus concurrencer les premières et devraient donc fermer. On apporterait une distorsion importante à une situation existante ce qui n'est sûrement pas non plus un optimum économique.

En ce qui concerne les unités nouvelles au contraire, on pourrait aboutir à la situation suivante : les industriels construisent des usines, payent les redevances (comme nous l'avons vu au paragraphe précédent) et choisissent leur implantation en faisant abstraction de la pollution des eaux, donc sans tenir assez compte du cours d'eau récepteur.

.../...

6.2.4- Bien qu'elles ne soient pas incitatrices, les redevances sont trop lourdes pour certaines papeteries. Aussi a-t-il été décidé de limiter provisoirement la valeur des redevances de pollution à 1 % environ de la valeur ajoutée.

Pour des raisons que nous avons exposées au paragraphe 6.2.3, cette aide ne va pas contre l'intérêt général pour les usines anciennes à condition de s'assurer que les papetiers font d'autre part le maximum possible pour réduire leur pollution.

Pour les usines nouvelles, ceci aggraverait les inconvénients exposés aux paragraphes précédents, et permettrait de plus aux procédés très polluants de survivre et de s'installer dans des cours d'eau non adaptés. Il peut donc y avoir frein à l'apparition de nouveaux procédés non polluants mais d'un prix de revient plus élevé. Prenons un exemple : nous avons parlé du procédé à l'oxygène qui permet d'éviter la pollution due au blanchiment ; supposons qu'il soit plus cher en investissement et très légèrement plus cher en coût d'exploitation ; avec une redevance limitée à 1 % de la valeur ajoutée, il se peut que le procédé n'apparaisse pas comme intéressant alors que si on tenait compte du coût réel d'épuration le procédé serait très largement rentable .

Des procédés non polluants auraient une chance d'être appliqués dans la mesure où ils seraient moin chers que les anciens procédés, la comparaison économique étant faite sans tenir compte des coûts de redevance ou d'épuration. Cette limitation n'est pas actuellement envisagée pour les usines nouvelles ; il convient cependant de garder ces inconvénients à l'esprit pour le cas où on songerait à l'étendre à celles-ci.

6.2.4- La redevance ne serait pas supprimée pour les papetiers qui feraient une épuration biologique.

Nous avons dit dans le chapitre I que l'épuration des effluents avant leur rejet dans l'eau devrait être conçue comme un complément à l'autoépuration du fleuve. Ceci veut donc dire qu'il ne faut pas épurer l'eau à 100 % et qu'on doit moduler le fonctionnement de la station selon les variations saisonnières du pouvoir auto-épurateur. Si l'exploitation de la station d'épuration est faite de cette manière, la redevance de pollution doit être nulle. Or, ce n'est pas ce qui se produit actuellement pour le calcul des redevances de pollution.

.../...

6.3 Actions possibles de l'Administration

La solution semble être dans une concertation étroite des pouvoirs publics et des papetiers ; leurs intérêts semblent, en fait, être très semblables :

- Revalorisation du territoire par le reboisement.
- Indépendance nationale dans la fourniture de certains papiers.
- Restructuration progressive de la profession, qui doit améliorer ses marges bénéficiaires dans un effort de productivité par une meilleure utilisation des capitaux, des bois et de la main-d'oeuvre.

6.3.1- Action sur les installations existantes

On doit rechercher l'amélioration de la lutte contre la pollution en suggérant aux industriels l'aménagement de solutions ou de matériels ayant fait leurs preuves et économiquement raisonnables. Par exemple : bassins de décantation, filtres, récupérateurs de filtres, voire même dans certains cas épuration biologique etc ...

Il faut envisager aussi la fermeture ou la transformation progressives des unités périmées qui ne sont pas économiquement rentables et sources incontestables de pollution.

Ces actions n'excluent pas le paiement de redevances qui ont l'avantage d'attirer l'attention des industriels sur la pollution des eaux ; leur taux ne doit cependant pas menacer la vie des unités de production.

6.3.2- Action sur les installations à construire ou sur les investissements visant à accroître la production.

On peut concevoir deux moyens d'action :

- L'Administration fixe, pour les cours d'eau correspondant aux implantations possibles, des redevances de pollution qui sont indiquées aux usagers afin qu'ils puissent en tenir compte dans le choix de l'implantation. Ces redevances seraient supprimées si l'industriel faisait une épuration suffisante.

.../...

- Après enquête sur place, fixer un cahier des charges précis que l'industriel s'engage à respecter. Il peut s'agir par exemple d'une contrainte sur la teneur en oxygène dissous après le point de rejet (supérieure à 3 p.p.m.).

Dans la plupart des cas, c'est cette dernière contrainte qui est imposée aux papetiers des Etats-Unis ; elle permet d'ailleurs une exploitation saisonnière de la station d'épuration.

6.3.3- Cadre institutionnel dans certains pays étrangers

Cette consultation des pouvoirs publics en matière réglementaire se trouve être réalisée en Suède par un tribunal de droit des eaux. Cet organisme peut exiger des améliorations techniques aux industriels, comme par exemple l'implantation de bassins de décantation. D'autre part, toute demande d'autorisation d'installation d'une usine de pâte doit être au préalable examinée par cet organisme ; une autre autorisation fixe les conditions d'évacuations industrielles des résidus dans le bassin récepteur, et spécifie normalement un programme de contrôle des conditions de rejet dans les eaux réceptrices des effluents de l'usine.

Ce tribunal, n'ayant que des compétences juridiques et techniques est probablement inadéquat pour résoudre les problèmes économiques que pose la répartition des ressources hydrauliques.

Cette compétence, l'exemple allemand de la Ruhr, avec l'association des utilisateurs d'eau du bassin de la Ruhr semble le démontrer, peut très bien trouver une solution dans la création de coopératives qui conçoivent, construisent, entretiennent et exploitent les installations de gestion des eaux. Les utilisateurs d'eau doivent évidemment avoir un pouvoir décisionnel proportionnel à leur intérêt dans la gestion des ressources hydrauliques, c'est-à-dire à leur participation financière dans la coopérative.

La conception "économique" de la gestion des eaux par des redevances de prélèvement et de pollution est certainement très valable. Cependant, sur le territoire français, les conditions d'utilisation de l'eau sont tellement variables, les ressources sont elles aussi tellement différentes suivant les régions, les époques de l'année, la qualité du produit désiré par les différents utilisateurs que l'arbitrage par des prix explicités, bien que très certainement techniquement réalisable, se révèlerait d'une complexité inouie et d'un coût prohibitif. L'optimalisation de la gestion du parc des centrales EDF se révèlerait être un jeu en compairaison. En ce qui concerne les eaux, et dans un avenir proche, un cadre institutionnel simple et souple est bien préférable à toute solution compliquée et coûteuse.

.../...

La théorie économique s'est attachée à traiter les problèmes d'économies, ou des déséconomies externes dont un des exemples les plus frappants est celui de la pollution des eaux. Dans son dernier ouvrage, E. MALINVAUD* expose les problèmes soulevés par l'économie externe, dans plusieurs cadres institutionnels.

Deux solutions sont proposées :

- Les taxes et subventions, lorsque les déséconomies externes ont un caractère si différent qu'il est difficile d'en identifier les bénéficiaires et les victimes. C'est le cas courant de la pollution des eaux.

  Deux problèmes apparaissent cependant :

  - le taux des taxes
  - l'origine des fonds distribués.

- Le regroupement des entreprises, ou tout au moins des accords ayant pour effet l'acceptation d'une décision concertée qui maximise la somme de leurs profits.

Tous les gros pollueurs sont dans ce cas.

Les accords pourraient être suscités dans le cadre de la création de coopératives de gestion des eaux, dans les régions où les ressources naturelles en eau sont épuisées.

Bien évidemment, seuls les problèmes économiques peuvent être résolus ainsi. La politique générale d'aménagement, et les objectifs des niveaux de pollution maximaux, doivent être définis dans un cadre plus large au niveau des agences de bassin.

Ces associations auraient pu apparaître spontanément à la suite de la loi de 1917. Il faut donc souhaiter que la loi de 1964, par la création d'agences de bassin, permettra le regroupement des efforts des utilisateurs au moyen de redevances.

Le cas des petits pollueurs est ainsi résolu. Pour les gros, une concertation étroite avec les pouvoirs publics et la constitution d'associations, dont les statuts sont définis par les articles 16 et 17 de la loi, devraient permettre d'aboutir à une solution.

.../...

---

* Leçons de théorie microéconomique, chapitre IX, Economies Externes, Biens Publics, Coûts Fixes.

6.3.4- Conclusion

tière

En conclusion, l'industrie/française a des objectifs audacieux à réaliser.

- Restructuration de la profession pour rationaliser la production et diminuer ses prix de revient, ce qui permettrait soit d'accroître la rentabilité des capitaux, soit d'être plus compétitive sur le plan international.
- Développement de cette activité en France pour tenir ses engagements dans la croissance économique du pays.

Ces objectifs sont en concordance avec les désirs des pouvoirs publics dans le cadre de la politique papetière de la C.E.E. et de la politique forestière française. Nous avons vu qu'ils n'étaient pas incompatibles avec le souci de réduire la pollution de l'eau.

Ils ne pourront être pleinement réalisés que si les fabricants de pâte peuvent disposer dans les années à venir d'une masse considérable de capitaux.

Réduire par trop la marge bénéficiaire de cette industrie actuellement, par un effort trop important qui lui serait demandé pour financer les travaux d'équipement du territoire, conduirait en fait au résultat inverse de celui désiré.

[redacted]

A D D I T I F

Procédé technique de lutte contre la pollution atmosphérique dans une unité de production Kraft (SKOGHALL - Suède).

1/- Origine des odeurs

L usine fonctionne avec des lessiveurs discontinus, et une unité de blanchiment de la pâte kraft.

Il y a cinq causes principales d'émanations d'odeurs :

. les gaz non condensables de purge du lessiveur
. les condensats du blow tank
. les gaz non condensables de l'évaporateur
. les condensats d'évaporation
. le gaz de cheminée de la chaudière de récupération

On peut citer comme sources secondaires :

. la ventilation des filtres de lavage
. les autres ventilations

Les effets des pollutions de ces sources restent très limitées.

Les gaz de cheminée de la chaudière de récupération peuvent être nauséabonds. Ceci arrive lorsque la combustion n'est pas complète ou lorsque la chaudière est surchargée. (l'évaporation par contact direct est toujours cause d'émission de gaz pestilentiels). Cependant, le remède est facile à trouver et vu l'état actuel de la technique, de telles pollutions sont inacceptables.

2/- Lutte contre la pollution par les gaz non condensables

On peut les traiter séparément ou les envoyer au blow tank.

Dans le premier cas il faut, après avoir filtré le gaz à travers un séparateur pour condenser la partie liquide, l'introduire dans la zone de combustion de la chaudière au-dessus du niveau de l'admission d'air tertiaire.

...

On peut d'ailleurs joindre à ce gaz les gaz incombustibles de l'installation d'évaporation.

Il faut prendre soin de bien condenser les gaz du lessiveur, sinon la proportion de térébenthine dans le gaz peut s'élever. La haute température du four de régénération pendant l'allumage peut alors provoquer des explosions. Le condenseur Rosenblad a été utilisé avec succès à cet usage.

7.3 - Condensats du lessiveur -

Les condensats du soufflage sont cause d'une part importante de la pollution des eaux. Ils peuvent d'une part donner une odeur nauséabonde à une rivière entière, d'autre part, ils contiennent des quantités non négligeables de composants toxiques.

Pour épurer cette eau une solution consiste à rectifier les condensats avec de la vapeur vive, avant de les rejeter à l'égoût.

Le schéma de fonctionnement est présenté ci-contre, et les substances les plus volatiles, non recondensées sont brûlées.

Il faut compter une consommation d'un tonne de vapeur pour 17 tonnes de condensats.

7.4 - Condensats d'évaporation

Ces condensats sont renvoyés, pour moitié à la préparation de la liqueur blanche. L'autre part, cependant, doit être rejetée dans le bassin de réception. L'odeur provient de la présence d'hydrogène sulfuré, que l'on peut détruire par le chlore. Une solution naturelle consiste donc à mélanger ces condensats aux eaux blanches de chloration de l'atelier de blanchiment, avant de rejeter le tout à l'égoût.

Par ce procédé, on a pu ramener la pollution par sulfures de 3 Kg à 0,5 Kg par tonne de pâte.

7.5 - Chaudière de récupération -

La concentration en sulfure d'hydrogène des gaz de combustion peut varier de 0,3 à 50 p.p.m. Des analyseurs de gaz permettent de constater la présence de SH_2, et par conséquent de pallier rapidement à l'insuffisance de la combustion.

7.6 - Aspect économique de la lutte contre la pollution -

Pour une unité de production de 400 T/j, avec des lessiveurs discontinus, le coût estimé de l'installation est de 800.000 F à 1.000.000 F.

.../...

Le coût de fonctionnement est dû en grande partie à la vapeur utilisée dans la tour de rectification : 1,2 tonne de vapeur par heure, ce qui correspond, dans l'usine, à un coût de 0,60 F par tonne de pâte.

Un brûleur à mazout est nécessaire pour brûler les gaz : il consomme 45 l de fuel par heure, ce qui correspond à 0,15 F par tonne de pâte.

L'entretien et le pompage doivent également être compté; mais l'installation n'exige aucune main-d'oeuvre supplémentaire.

Au total on peut évaluer le coût de fonctionnement à 1 F. par tonne de pâte.

7.7 - Développement -

L'utilisation d'un lessiveur continu doit permettre d'améliorer très considérablement l'opération.

La solution serait de traiter à la fois tous les polluants des eaux et de l'air. On peut imaginer pour cela de faire circuler les gaz du lessiveur (1) par l'imprégnateur (2), puis par un cyclone (5) où la séparation finale devrait avoir lieu. Les gaz, peu oxygénés et très humides ne seraient pas explosifs; leur combustion pourrait donc être très facile à réaliser.

[redacted]