HAL
open science

Structures polluantes de branches industrielles

Gilles Damamme

To cite this version:

Gilles Damamme. Structures polluantes de branches industrielles. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1978. hal-01909950

HAL Id: hal-01909950

https://minesparis-psl.hal.science/hal-01909950v1

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.

Consultation
sur place

L'INDUSTRIE AU REGARD DE L'ENVIRONNEMENT

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS
Bibliothèque
N° I. E. 1
[85]

STRUCTURES POLLUANTES DE BRANCHES INDUSTRIELLES

Industrie pharmaceutique

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS

STRUCTURES POLLUANTES DE BRANCHES INDUSTRIELLES

- INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE -

[85]

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS
Bibliothèque
N°
I. E. 1

[Juin 1978]

[Gilles]
M. DAMAMME

I. E. 75

I - DESCRIPTION DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

a) Présentation

b) Structure de la branche et situation géographique

c) Particularités de l'Industrie Pharmaceutique

II - LES METHODES DE FABRICATION DANS L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

a) Les produits d'extraction

b) Les fabrications biochimiques

c) Les produits de synthèse

d) Les méthodes de purification et de concentration

III - UTILISATION ET REJET DE L'EAU PAR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

a) Critères de pollution des eaux

b) Consommation de l'eau

c) Ordre de grandeur de la pollution dans l'industrie pharmaceutique

IV - SITUATION ACTUELLE DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE EN MATIERE DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX

a) Mesures envisagées

b) Objectifs à atteindre

c) Difficulté des comparaisons entre usines

V - DECHETS DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

VI - RECAPITULATIF DES MESURES A PRENDRE POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION

a) La pollution de l'air

b) La pollution de l'eau

c) Les solvants

d) Les déchets solides

VII - CONCLUSION

I - DESCRIPTION DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

a) Présentation

L'industrie pharmaceutique est l'industrie qui fabrique les médicaments ; aussi rassemble-t-elle des activités visant à un même but : la fabrication des médicaments, mais où les techniques de fabrication utilisées ainsi que les produits utilisés ou fabriqués peuvent être très variés. Les techniques employées peuvent d'autre part être utilisées dans d'autres branches de l'industrie ; produits à usage vétérinaire, produits phytosanitaires, fabrication des insecticides, des désherbants, l'industrie des levures, les industries d'extraction végétale (sucreries), certaines fabrications d'aliments pour animaux, l'industrie des colorants...

L'industrie pharmaceutique regroupe, comme on vient de le voir, des domaines très variés. Une première distinction peut cependant être faite en cinq grands types d'activités permettant de définir des domaines plus homogènes, facilitant ainsi leur étude. Ces catégories sont :

- les produits d'extraction
- les produits de fermentation (dont les problèmes sont voisins de ceux des brasseries, des levureries... et dont la principale fabrication sont les antibiotiques)
- les produits de synthèse (produits faisant partie du groupe d'activités regroupées sous le nom de chimie fine).

.../..

Ces trois premières catégories rassemblent la fabrication des substances actives (base de la fabrication des médicaments) et constituent l'industrie pharmaceutique proprement dite.

Les deux dernières sont :

- les activités de mélange et de conditionnement des substances actives constituant les laboratoires pharmaceutiques
- les laboratoires de recherche.

Il est bien entendu qu'un certain nombre de techniques peuvent se retrouver dans différentes catégories (ainsi les techniques de séparation et de purification sont pour la plupart communes aux trois branches de l'industrie pharmaceutique). D'autre part, certains produits peuvent nécessiter l'utilisation des techniques de plusieurs catégories (produits obtenus à partir de substances produites par fermentation ou obtenu par extraction, sur lesquels sont ensuite greffés des radicaux).

Cette distinction en cinq types d'activités ne se retrouve évidemment pas au niveau des établissements, les activités de ceux-ci pouvant relever de plusieurs catégories (par exemple : la fermentation, la synthèse et la recherche). D'autre part, fréquemment pour les entreprises importantes, celles-ci ont, à côté de leur production pharmaceutique, une production de chimie fine (fongicides, désherbants, colorants alimentaires (vanilive), produits pour caoutchouc,...). Dans ces établissements, les problèmes de pollution sont donc difficilement dissociables ; par contre, ils peuvent, du fait de la diversité des effluents, être plus faciles à traiter (par un simple effet de dilution).

.../...

En ce qui nous concerne, les problèmes posés par la pollution étant peu importants (en volume) pour les laboratoires pharmaceutiques et les laboratoires de recherche, nous nous intéresseront uniquement à l'industrie pharmaceutique proprement dite.

Remarque : Pour les laboratoires pharmaceutiques, la matière première : les substances actives, est chère ; aussi, ils évitent au maximum tout gaspillage, diminuant ainsi la pollution. Par ailleurs, leurs produits étant très contrôlés au point de vue pureté, ils ont intérêt à limiter toute forme de pollution à l'intérieur même de l'usine, réduisant ainsi la pollution rejetée à l'extérieur.

b) Structure de la branche et situation géographique

L'industrie pharmaceutique comprend un très grand nombre d'entreprises : près de 200, de tailles très inégales. Ceci est dû aux deux origines possibles de ces entreprises. La plus grande partie sont d'anciennes officines de pharmaciens ayant pris de l'importance ; elles sont en général de taille modeste. Les autres, en très petit nombre et de taille plus importante, sont issues de l'industrie chimique. C'est pourquoi une vingtaine d'entreprises rassemblent à elles seules 80 % de la production dont tous les produits de fermentation, ces derniers bénéficiant d'un effet de taille très favorable.

L'évolution, sur les dix dernières années, évolution qui se poursuit actuellement, montre une diminution du nombre d'entreprises pharmaceutiques du fait de la disparition ou du regroupement des plus petites.

Au point de vue géographique, du fait même de son origine, l'industrie pharmaceutique est très dispersée. Cependant puisque les grosses entreprises ont un poids prépondérant, trois régions regroupent à elles seules les 3/4 de la production :

.../...

- la région parisienne
- les pays du Val de Loire
- la région lyonnaise

La Haute Normandie ajoutée, on couvre 80 % de l'industrie pharmaceutique.

Tableau des implantations des principales sociétés pharmaceutiques

RHONE-POULENC	Saint-Fons (près de Lyon) Elbeuf (près de Rouen) Vitry sur Seine Commentry
ROUSSEL - UCLAF	Neuville sur Saône Romainville Vertolaye (près de Clermont Ferrand)
S N P A	Ambès (près de Bordeaux) Louviers Toulouse Notre de Dame de Bondeville (près de Rouen)
SEMPA CHIMIE	Massy Aramon (près d'Avignon)
CIBA GEIGY	Saint-Fons Hunningue
PFIZER FRANCE	Massy
SAINT ELABOT	Tours
ORIL	Bolbec
HOFFMANN LAROCHE	Fontenay-sous-Bois
POINTET GIRARD	Villeneuve-la-Garenne

.../

c) Particularités de l'industrie pharmaceutique

Une des sources de difficulté des problèmes que pose l'industrie pharmaceutique est due au très grand nombre de substances actives produites (substances à partir desquelles on fabrique par mélange les médicaments). Ces substances actives sont près de 3 000 et souvent proches de certaines molécules biologiques ; on comprend donc qu'il soit très difficile d'énoncer des règles générales autres que celles valables pour la chimie en général ou la chimie organique.

Conséquence du très grand nombre de produits, la grosse majorité des productions se limite à des quantités relativement faibles (quelques tonnes) ; aussi, celles-ci se font de façon discontinue (par batch). C'est pourquoi les usines se présentent souvent comme une succession de petits ateliers où les installations sont polyvalentes ; c'est-à-dire que celles-ci peuvent rapidement s'adapter à un changement de production. Il y a bien quelques exemples de fabrication en grosses quantités et en continu comme l'aspirine, mais ils sont très rares.

Heureusement, pour une même entreprise, le nombre de produits fabriqués est relativement réduit (en moyenne une cinquantaine) et les mêmes productions, réalisées par campagne, se retrouvent à des intervalles de l'ordre de quinze jours à deux mois. Aussi, contrairement à ce que les industriels ont tendance à affirmer, la diversité des fabrications est moins grande qu'on pourrait le croire, celles-ci se répétant identiques à elles-mêmes au plus tous les un à deux mois.

Comme nous l'avons déjà signalé, la fabrication d'un produit se fait par campagne, campagne constituée, pour la chimie fine, par une série de réactions suivies de concentrations et de purifications. En moyenne, celle-ci s'étale sur un mois au cours duquel les réactions ne sont jamais les mêmes si bien que les quantités d'eaux usées et leurs charges polluantes peuvent être très variables d'une heure sur l'autre, d'un jour sur l'autre et même d'un mois sur l'autre.

.../

Il va sans dire que ces fluctuations de charge des eaux polluées posent des problèmes quant à leur traitement, problèmes qui ne se rencontrent guère que dans l'industrie pharmaceutique.

II - LES METHODES DE FABRICATION DANS L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

Une usine de produits pharmaceutiques est, comme nous l'avons déjà signalé, constituée d'ateliers polyvalents où les principaux appareils sont les grignards ou réacteurs : cuves hermétiquement fermées, à double enveloppe, dont le contenu peut être agité et réchauffé ou refroidi, les essoreuses pour séparer les produits cristallisés et les cônes pour séparer les produits non missibles.

Parmi les techniques employées, on peut distinguer les méthodes d'extraction, de fermentation, de synthèse et celles de purification et de concentration. Nous allons rapidement les passer en revue.

a) Les produits d'extraction

Les substances recherchées sont, dans ce cas, contenues dans certains tissus végétaux ou dans certains organes d'animaux (bile de boeuf, ...). La première étape du procédé d'extraction consiste à faire passer la substance recherchée en phase liquide. Pour cela une fois broyés, les tissus ou organes sont ou cuits, ou mélangés à un solvant ou extraits par un acide ou tout simplement par de l'eau. L'ensemble est alors filtré donnant d'une part la substance recherchée dissoute dans l'eau ou dans le solvant utilisé, d'autre part un résidu solide appelé gâteau de filtration ; ce résidu est soit incinéré (pour les organes d'animaux), soit déposé en carrière, soit utilisé comme amendement, certains sont même utilisés comme aliment pour le bétail. La substance recherchée, en solution et mélangée avec d'autres produits, est alors soumise à des étapes de purification et de concentration. Ces étapes étant communes aux autres branches de l'industrie pharmaceutique nous en parlerons après.

.../...

Pour les produits d'extraction, la substance recherchée ne représente qu'une infime partie du tissu végétal ou des organes d'animaux. Aussi, ces méthodes ont un rendement très faible (moins de 1 ‰) et posent des problèmes au point de vue sécurité des approvisionnements, une grande partie de la matière première venant de l'étranger (par exemple des biles de boeuf sont importées d'Australie et d'Argentine). Il ne fait donc pas de doute qu'avec l'amélioration des méthodes de chimie fine, la synthèse (totale ou partielle) de ces substancesse substituera progressivement aux méthodes d'extraction. De toute façon, ces activités ne représentent qu'une toute petite partie (de l'ordre de 2-3 %) des activités de l'industrie pharmaceutique.

b) Les fabrications biochimiques (produits de fermentation)

Les techniques de fermentation consistent à élever des populations de bactéries ou de moisissures appropriées dans des cuves hermétiques et stérilisées appelées réacteurs en leur fournissant une nourriture convenable (oxygène, farine végétale, sels minéraux). Le tout doit être convenablement agité dans les conditions de températures requises pour que les bactéries puissent se développer et synthétiser la substance recherchée. Le rendement de ce type de fabrication (poids de substance obtenue sur poids de matière apportée) est de l'ordre de 1 %. Au début de l'opération, la cuve est, après avoir été stérilisée, ensemencée avec la souche bactérienne appropriée. Au cours de la fermentation un apport d'oxygène est constamment nécessaire ; celle-ci étant exothermique, les cuves sont continuellement refroidies. A la fin de l'opération (4 à 10 jours), on récupère par filtration la substance cherchée (très souvent un antibiotique), que les bactéries ont produite au cours de leur développement. Cette filtration consiste à séparer la substance recherchée (passée dans la phase liquide si celle-ci ne l'était pas déjà) des farines végétales et du mycellium (les bactéries ou les moisissures) et donne d'une part un résidu : le gâteau de filtration, d'autre part la substance cherchée en solution et mélangée avec d'autres produits. Ensuite, les étapes ultérieures de purification et

de concentration sont communes à toutes les branches de l'industrie pharmaceutique. L'effet de taille jouant favorablement, ces fabrications sont regroupées par une vingtaine d'entreprises et les réacteurs sont de plus en plus volumineux (jusqu'à 250 m3). Ces activités représentent une part importante de l'industrie pharmaceutique en particulier, presque tous les antibiotiques sont fabriqués de cette façon (pénicilline, streptomycine, auréomycine, oxytétracyline, ...) soit un total d'environ 100 tonnes par an.

c) Les produits de synthèse (chimie fine)

Ces produits sont obtenus par une succession d'opérations chimiques élémentaires : substitution, addition d'atomes, déshydratation, hydrogénation catalytique, greffe de radicaux ou de molécules ..., réalisées sur des molécules plus ou moins complexes. On distingue deux types de synthèse :

- la synthèse totale qui consiste à partir de molécules simples (jusqu'à une dizaine) fournies par la pétrochimie (éthylène, acétate d'éthyle, acide glutamique, ...) pour aboutir après de nombreuses étapes de réactions (jusqu'à une trentaine) à la molécule recherchée.

- l'hémisynthèse qui consiste à partir de molécules déjà complexes obtenues par fermentation ou extraction (par exemple l'acide cholique extrait de la bile de boeuf ou l'oxytétracycline obtenue par fermentation) pour aboutir après quelques étapes de réactions à des molécules dérivées (cortisone, descamétasone, doxycline, ...).

Il est bien entendu qu'après chaque étape de réactions (pouvant comprendre une ou plusieurs réactions), une étape de purification et de concentration est nécessaire, ces étapes étant communes aux différentes branches de l'industrie pharmaceutique.

.../..

Les activités de chimie fine (synthèse et hémi-synthèse) représentent la plus grosse part de l'industrie pharmaceutique car il est bien rare de pouvoir obtenir directement par extraction ou fermentation des produits ayant toutes les propriétés souhaitées. Pour certains produits, les méthodes de synthèse totale et d'extraction ou de fermentation sont en concurrence, concurrence qui est souvent favorable à la chimie fine dès que les quantités demandées sont importantes.

d) Les méthodes de purification et de concentration

Comme nous l'avons déjà signalé, elles sont communes aux trois catégories de l'industrie pharmaceutique : l'extraction, la fermentation et la synthèse. Par ordre d'importance ce sont :

- l'extraction par un solvant peu soluble dans l'eau (le benzène, le toluène, les cétones, les éthers, le tétrahydrofurane, les solvants halogénés, ...). On provoque par agitation une émulsion de ce solvant dans des conditions de pH telle que la substance cherchée passe dans la phase solvant avec seulement une partie des impuretés ; le solvant est ensuite séparé de la phase aqueuse dans un cône.

- la cristallisation dans des phases organiques variées (méthanol, isopropanol, éthylcellulosolve, ...) suivie d'une séparation dans des essoreuses.

- la filtration après absorption des impuretés sur des terres de filtration ou du charbon actif.

- l'adsorption sur une résine, la substance recherchée est ensuite récupérée par l'intermédiaire d'un solvant (alcool, ...) ou d'un changement de pH.

- la chromatographie.

Pour citer un exemple, un traitement de purification à partir de la substance cristallisée peut se présenter ainsi :

- dissolution
- traitement épurateur au charbon actif
- filtration pour éliminer le charbon et les impuretés
- cristallisation permettant d'éliminer les impuretés solubles dans les liqueurs mères
- séparation des cristaux par essorage et lavage
- enfin séchage et broyage.

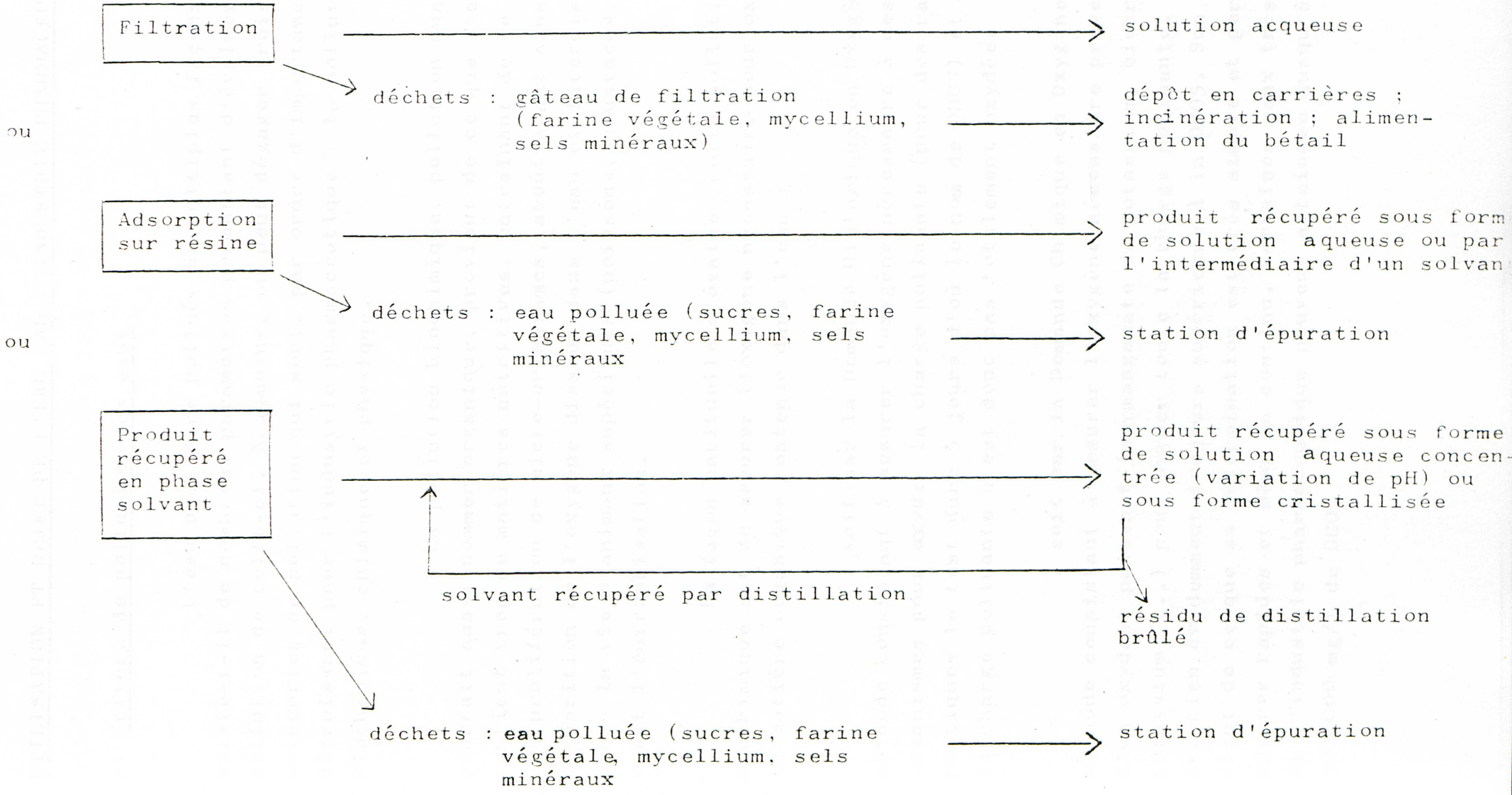
La purification peut nécessiter une, deux ou même trois étapes. A chaque fois la concentration de la substance recherchée ainsi que celle des impuretés augmentent. Aussi, les résidus : gâteaux de filtration, eaux et solvants usés sont-ils de plus en plus souillés ; la façon de les traiter peut donc être différente (distinction entre premier et deuxième gâteau de filtration, premier et deuxième solvant ; certaines eaux peuvent atteindre une DB05 de 300 000 mg/l). Les solvants pollués sont pour la plupart régénérés par distillation ; les impuretés se retrouvent alors dans les culots de distillation qui sont incinérés.

D'une façon générale, on a souvent le choix entre plusieurs méthodes de purification ; c'est alors des conditions économiques et d'efficacité qui décident si l'une ou l'autre méthode sera employée. Mais ce pourrait aussi être des conditions de lutte contre la pollution (par exemple, privilégier les déchets solides).

.../...

Principe de l'extraction des produits de fermentation

Première étape de séparation



I - UTILISATION ET REJET DE L'EAU PAR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

a) Critère de pollution des eaux

L'eau peut être polluée de multiples façons. Aussi existe-t-il de nombreux paramètres permettant d'évaluer la pollution de celle-ci. Néanmoins, on peut dégager trois grandes catégories de pollution qui sont, par ordre d'importance décroissant pour l'industrie pharmaceutique : la pollution biochimique, chimique et physique.

- La pollution biochimique, pollution que l'on pourrait aussi nommer organique, provient de ce que l'eau contient trop de matières nutritives, entraînant de ce fait, une prolifération de micro-organismes, aboutissant ainsi à la disparition de l'oxygène dissout dans l'eau et interdisant alors la vie d'animaux supérieurs (poissons, crustacés, ...) ; c'est l'eutrophisation.

La façon habituelle d'évaluer cette pollution biochimique est de mesurer l'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique contenue dans l'eau :

. soit par la Demande Biologique en Oxygène (DBO), méthode consistant à mesurer l'oxygène nécessaire à des micro-organismes pour oxyder la charge polluante (pour des raisons pratiques le test dure 5 jours d'où le nom de DBO5) et toute la charge polluante n'est donc pas totalement oxydée.

. soit par la Demande Chimique en Oxygène (DCO), méthode consistant à mesurer l'oxygène nécessaire provenant d'un oxydant puissant (permanganate de potassium, bichromate de potassium, ...) pour oxyder toute la charge polluante. La DCO est bien évidemment toujours supérieure à la DBO5. Son intérêt vient de ce que sa détermination est très simple et permet des mesures rapides et même en continu. Certaines eaux très polluées de l'industrie pharmaceutique peuvent atteindre jusqu'à 300 000 mg/l de DCO.

.../...

A partir des deux paramètres précédents on définit la teneur en matières oxydables (MO) par :

$$MO = \frac{DCO + 2\ DBO5}{3}$$

quantité utilisée par les Agences de Bassin pour l'établissement des redevances.

A côté de ces deux principaux tests, la pollution organique peut également être évaluée par :

. le carbone organique total (TOC) qui se mesure par conversion catalytique du carbone organique en dioxide de carbone

. l'azote total (poids d'azote contenu par litre d'effluent). On mesure ainsi l'importance des composés nitrogénés et ammoniaquaux. Ce test présente une certaine importance car la dégradation biologique de ces composés est, de façon générale, moins rapide que celle des autres molécules organiques.

- La pollution chimique est celle qui présente les aspects les plus variés. Pour l'appréhender, on peut évaluer la teneur de l'eau en certains composés :

. métaux (arsenic, mercure, plomb, cuivre, ...)

. substances toxiques (cyanures, ...)

. substances minérales (phosphate, phosphores, sels

. solvants (phénol, chloroforme, ...).

Un aspect non négligeable de la pollution chimique (en particulier dans l'industrie pharmaceutique) est la salinité que l'on mesure par conductivimétrie (en microsiemens par centimètre) et qui permet d'apprécier la quantité de sels dissous.

.../...

Un autre aspect de cette pollution est pris en compte par la mesure des matières solubles (MS), pesées après évaporation de l'eau préalablement décantée.

Enfin, pour apprécier le caractère plus ou moins toxique de l'eau il existe des tests dits de toxicité. Le plus répandu est celui basé sur le nombre de dilutions (appelé équitoxe) qui permet à des daphnies d'avoir une durée moyenne de vie donnée (repérée par l'agitation ou non des daphnies) ; il sert de base pour les redevances payées aux Agences de Bassin. Il en existe d'autres, plus satisfaisants, fondés sur la consommation d'oxygène par des micro-organismes.

- Enfin la pollution physique qui présente deux aspects. L'un lié à la température de l'eau (la quantité d'oxygène pouvant être dissoute dans l'eau diminue lorsque la température s'élève), l'autre dû aux matières en suspension Ces dernières peuvent être évaluées par la MES (mesurée après filtration) qui représente le poids total des matières décantables. Il existe aussi deux autres critères qui tiennent compte de la grosseur des particules en suspension (contrairement à la MES). Ce sont les matières décantables en deux heure et la turbidité basée sur l'aspect plus ou moins trouble de l'eau.

b) Consommation d'eau

Les consommations d'eau de l'industrie pharmaceutique peuvent, selon leur utilisation, être classées en quatre catégories :

- les eaux de refroidissement servant à refroidir les grignards, les réacteurs et les appareils de distillation. Ces eaux ne sont pas polluées excepté que leur température s'est quelque peu élevée. Le T est habituellement de l'ordre de 5°. Pour certaines utilisations (distillation) il pourrait être plus important ce qui permettrait d'économiser l'eau. D'autre part, certaines usines ont des réfrigérants atmosphériques ce qui permet aussi de réaliser des économies ; économies intéressantes car ces eaux représentent près de 70 % de la consommation.

.../..

- les eaux nécessaires au fonctionnement de certains appareils : pompes à vide, trompes à eau, éjecteur à vapeur, ... Elles sont, de par leur utilisation très peu polluées (DCO < 100 mg/l, DBO < 30). Il est souhaitable afin de réduire leur consommation, de les recycler le plus possible recyclages qui ne sont actuellement effectués que par très peu d'usines.

- les eaux de lavage servant au rinçage des réacteurs et au nettoyage des installations après chaque étape d'élaboration d'un produit. A ces eaux viennent s'ajouter celles provenant du lavage des vapeurs et des fumées d'incinération. Elles sont moyennement polluées (DCO).

- enfin les eaux de processus qui sont en contact avec le produit au cours de sa fabrication (lors de fermentation, de réactions, de dissolution, de cristallisation ...). Fréquemment ces eaux sont très polluées (matières organiques, solvants toxiques, ...) et la DCO supérieure à 100 000 mg/l.

Les deux premières catégories d'eaux, très peu polluées sont rejetées directement dans les cours d'eau. Les deux dernières catégories représentent par contre des eaux polluées et doivent subir un traitement avant leur rejet. (actuellement, soit ce n'est pas le cas, soit le traitement est incomplet). Pour l'industrie pharmaceutique, ces eaux polluées représentent en moyenne un cinquième du total.

Vu la dispersion des données (voir tableau), il est très difficile de relier les m3 d'eaux consommées à l'activité des usines. Cette dispersion est due pour une part aux différents procédés de fabrication mais aussi aux efforts plus ou moins importants faits pour limiter les consommations d'eau. Néanmoins on peut fixer des ordres de grandeur et dire que les activités de fermentation consomment 2 à 4 fois plus d'eau que celles de synthèse et l'évaluer entre 0,5 et 2 m3 par heure et par employé.

.../...

c) Ordre de grandeur de la pollution des eaux dans l'industrie pharmaceutique

Comme nous l'avons vu, celle-ci est principalement organique et donc caractérisée par la DBO5 et la DCO ou encore pour reprendre le critère employé par les Agences de Bassin pour l'établissement des redevances par les matières oxydables (MO).

A partir des données fournies par les Agences de Bassin (liste des mille entreprises les plus polluantes), on peut estimer la pollution apportée par l'industrie pharmaceutique à 120 tonnes par jour de MO (ce chiffre est approximatif à cause de la difficulté de déterminer, pour chaque entreprise, la part qui revient au secteur pharmaceutique). La liste des entreprises les plus polluantes produisant des substances actives montre aussi que les six premières contribuent pour la moitié de cette MO et qu'en s'intéressant à une vingtaine de celles-ci on peut contrôler plus de 80 % de la pollution organique, observation particulièrement intéressante quand on sait qu'il y a près de 200 établissements fabriquant des substances actives. En fait ce genre d'observation est général à toutes les activités industrielles (10 % des entreprises contribuent à 80 % de la pollution).

Pour l'industrie pharmaceutique, cette concentration de la plus grande partie de la pollution par quelques entreprises vient pour une part de ce que les activités de fermentation contribue pour une part importante à la pollution et qu'elles sont à la fois pour des raisons techniques et historiques, très regroupées.

Par rapport à la pollution organique totale du secteur chimique qui est de 800 tonnes de MO par jour, la contribution de la branche pharmaceutique est de 15 % donc loin d'être négligeable. La pollution organique de l'ensemble du secteur

.../...

industriel étant voisine de 3650 Tonnes de MO par jour (le secteur chimique y contribue pour 22 %), la part de la branche pharmaceutique en représente donc 3,3 % soit 1/30. Cette part peut paraître faible mais si un petit nombre d'entreprises y contribuent pour la plus grande partie, si des techniques d'épuration existent et ne sont pas encore employées et enfin si des possibilités de financement peuvent être trouvées (secteur en développement) conditions qui paraissent réalisées, alors il n'est pas inutile de s'y intéresser de plus près.

Pour préciser les idées nous donnons un tableau indiquant la consommation d'eau et les quantités de DCO, DBO5 et MES pour quelques entreprises. Ce tableau confirme que les activités de fermentation sont plus polluantes que celles de synthèse. Pour la qualité des eaux de rejet, on peut dire que, par rapport au tonnage produit, la biochimie est environ dix fois plus polluante que la chimie fine. Pour ce qui est des consommations d'eaux la comparaison est plus délicate à cause du mélange des eaux de processus avec celles de refroidissement. Néanmoins, on peut dire que pour la biochimie, les eaux de processus sont beaucoup plus importantes que pour la chimie fine, de l'ordre de dix fois plus, et que les eaux de refroidissement toujours importantes dans le premier cas peuvent l'être plus ou moins dans le second. En moyenne un coefficient multiplicatif de 2 à 4 entre les deux sortes d'eaux usées n'est pas absurde.

Dans une perspective d'épuration des eaux de rejet, il ne faut pas perdre de vue que celles-ci sont issues du mélange d'eaux très diversement polluées et donc qu'il pourrait être utile de traiter séparément ces eaux. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, l'entreprise F qui a principalement des activités de synthèse et une activité d'extraction et dont la production est de 2 400 tonnes par an, a une consommation d'eau de 1 200 m3/h qui se décompose en :

.../.

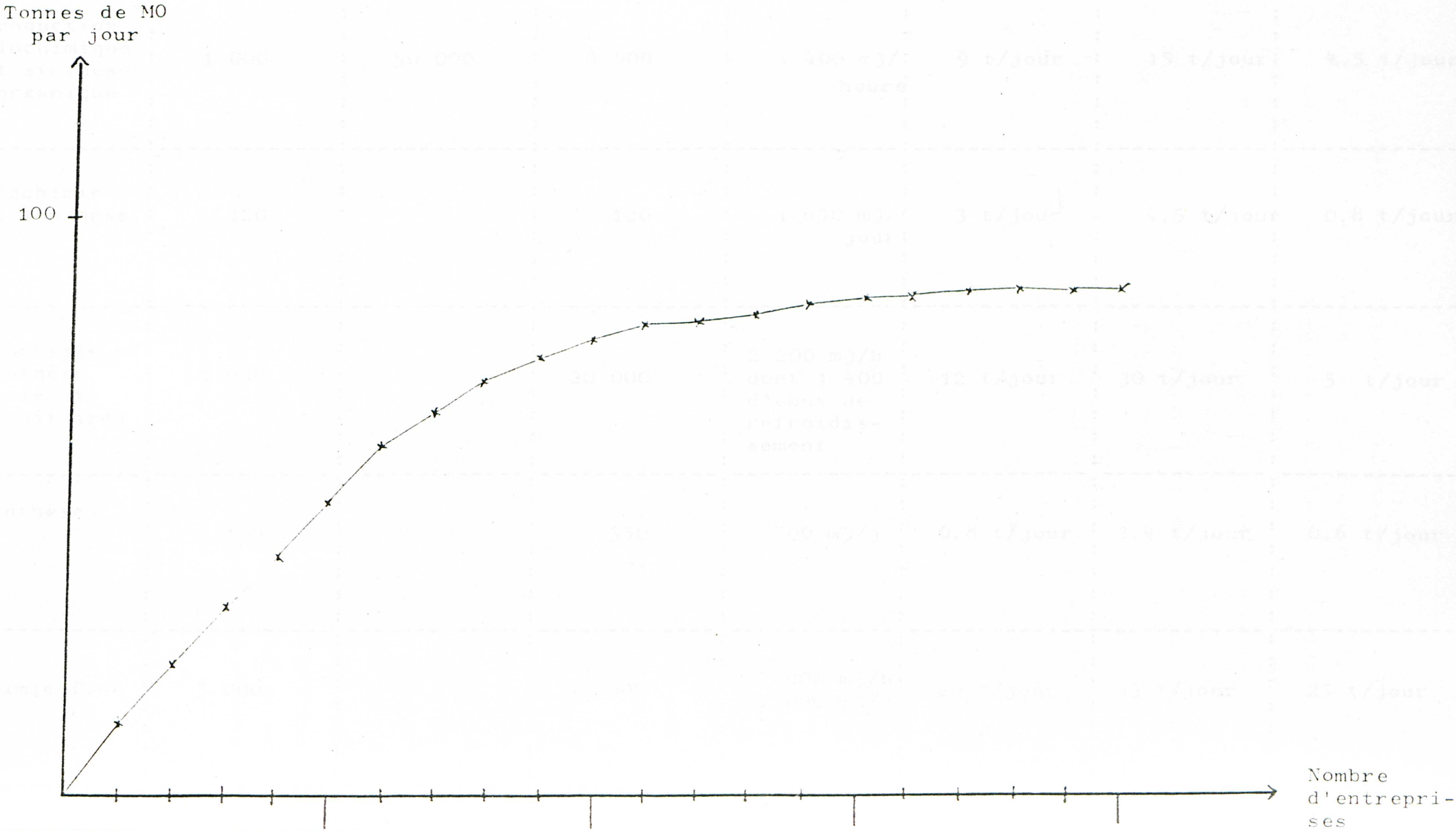
- 920 m3/h d'eaux de refroidissement

- 200 m3/h d'eaux très peu polluées DCO $<$ 150 mg/l

- 80 m3/h d'eaux de procédé et de lavage moyennement polluées DCO $\simeq$ 6 500 mg/l

- 3 m3/h d'eaux très polluées DCO $>$ 200 000 mg/l.

POLLUTION CUMULEE EN MO POUR LES ENTREPRISES
PHARMACEUTIQUES LES PLUS POLLUANTES



Usine	Personnel Ouvrier	Consommation de matière première t/an	Production t/an	Consommation d'eau	DBO_5 t/jour	DCO t/jour	MES t/jour
A Production biochimique et synthèse organique	1 000	50 000	8 000	1 400 m3/heure	9 t/jour	15 t/jour	4,5 t/jour
B Biochimie et synthèse	120		120	1 650 m3/jour	3 t/jour	4,5 t/jour	0,8 t/jour
C Biochimie et synthèse (pharmacie et phytosanitaire)	1 050		20 000	2 200 m3/h dont 1 400 d'eaux de refroidissement	12 t/jour	30 t/jour	5 t/jour
D Synthèse	100		350	700 m3/j	0,8 t/jour	3,4 t/jour	0,6 t/jour
Chimie fine	3 000		60 000	7 000 m3/h 142 000 m3/j	20 t/jour	35 t/jour	25 t/jour
				1 200 m3/h			

IV - SITUATION ACTUELLE DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE EN MATIERE DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX

a) Mesures envisagées

L'action des pouvoirs publics quant aux problèmes de pollution ne s'est développée que depuis une dizaine d'années. Aussi jusque récemment, peu de mesures avaient été prises pour s'attaquer à ceux-ci. Excepté les traitements spécifiques appliqués aux effluents présentant une toxicité importante, on se contentait, en règle générale, de mélanger les effluents pollués avec les eaux de refroidissement, eaux que l'on n'était donc pas incité à économiser. La DBO-DCO de ces effluents était ainsi réduite par dilution : on procédait éventuellement à une neutralisation si le pH était trop faible ou trop important. Les effluents étaient ensuite rejetés dans les cours d'eau, cour d'eau ayant en général un débit important (Seine, Saône, Rhône .. la localisation des usines ayant en partie été choisie pour cela aussi, la dilution des rejets était-elle très importante. Pour des cours d'eau de faible débit, la pollution pouvait être plus ou moins importante ; en fait, elle était tolérée par habitude, l'usine s'étant souvent agrandie petit à petit.

Cependant, depuis quelques années, les problèmes de pollution ayant commencé à être pris en considération par l'Administration et l'opinion publique, la plupart des entreprises importantes se sont, sous la pression des pouvoirs publics, penchées sur le problème de l'épuration de leurs eaux et ont fait réaliser des études dans ce sens. Pour certaines, des installations d'épuration sont en cours d'exécution ; pour un très petit nombre, elles sont même achevées. Pour l'épuration des effluents, trois types de solutions peuvent être envisagées :

Premièrement, celui des entreprises ne réalisant qu'un prétraitement, l'effluent étant ensuite déversé dans un réseau d'égouts intercommunal. C'est le cas des entreprises situées en région parisienne, les eaux vont alors le plus souvent à Aschère où par conséquent elles sont diluées dans la très grande quantité des effluents urbains ; c'est aussi le cas pour de petites entreprises de province. Pour certaines d'entre-elles, le prétraitement se limite à une simple homogénéisation

suivie d'une neutralisation, les eaux ne devant pas, par ailleurs, contenir de substances nocives (arsenic, cyanure, phénols, sulfure ...). Pour d'autres dont les effluents sont très chargés en matièr organiques, ceux-ci subissent un traitement physico-chimique (rédu tion de la MES et d'une partie de la DCO), suivi parfois d'un trai tement biologique.

Comme exemple du dernier cas on peut citer l'entreprise F qui a des activités de fermentation et de synthèse (hémisynthèse Les effluents sont moyennement pollués (1 800 mg/l de DB05 et 3 300 de DCO) et représentent une charge polluante de 2 t/j de DB05. Elle possède une station d'épuration composée d'un lit bactérien suivi d'une sédimentation, dont le coût a été de 6 M de francs et dont les frais d'exploitation s'élèvent à 200 000 francs par an. La DBO et la DCO sont ainsi réduites de 50 à 60 % avant que les effluents soient rejetés à l'égout. On peut donc considére que la suppression de 1 t/j de DB05 a demandé 3 M de francs d'inve tissement et nécessite 100 000 francs par an de frais d'exploitation.

Ce genre de solution a été retenu par un bon nombre d'entreprises car il représente, lorsque la station communale existe déjà la solution la moins coûteuse et la plus rapide. Cepen dant, cette solution n'est souvent envisagée qu'à titre provisoire particulièrement si la taille de l'entreprise et la nature de ses effluents peut justifier une station d'épuration séparée.

Deuxièmement les entreprises d'une même zone industriell peuvent se regrouper en vue de construire une station d'épuration commune. Ce cas se rencontre fréquemment en province. Il est intéressant à deux points de vue : d'une part, l'effet de taille procure des économies de construction et de fonctionnement, d'autre part, le mélange d'effluents de diverses origines, certains d'ent eux pouvant avoir subit un prétraitement, peut conduire à un effluent plus facilement biodégradable (bonnes proportions de carbone, d'azote et de phosphore), cela d'autant mieux que certaines pollutions difficiles à réduire se trouvent ainsi

.../...

diluées. Cependant, ce genre d'association présente de grosses difficultés de coopération entre les industriels et la réalisation en commun de tels projets s'étalent sur environ cinq ans entre le lancement des premières études sur pilotes et le fonctionnement correct de la station. Ce genre de regroupement présente également l'inconvénient que chaque industriel se sent moins concerné par le bon fonctionnement de la station d'épuration que si celle-ci ne dépendait que de lui seul ; paralléllement il a toujours tendance à imputer le mauvais fonctionnement de celle-ci aux erreurs des autres.

Enfin, les entreprises se dotant de leur propre station d'épuration. Il ne faudrait pas croire que seules les entreprises importantes (employant au moins 500 personnes ou d'une production de plus de 5 tonnes par jour) peuvent se doter de tels équipements puisque des entreprises employant 150 personnes en ont ou sont sur le point d'en avoir. Comme la réalisation de telle installations s'étale sur plusieurs années (3 ans au minimum) pour la plupart des entreprises qui ont adopté cette solution, seulement la partie physicochimique est réalisée, ou alors, la partie biologique, démarrée depuis peu, ne donne pas encore toute satisfaction.

Cette dernière solution est la plus satisfaisante car il n'y a alors pas de dilution des responsabilités. Les arguments de taille minimale ou d'encombrement (pour les usines situées en milieu urbain) ne jouent pas car il existe des techniques d'épuration biologique (par exemple par lit bactérien) très économes en place et bien adaptées à de faibles débits.

Comme exemple de réalisation de ce type on peut citer celui d'une entreprise employant environ un millier de personnes et ayant presque uniquement des activités de synthèse. La solution de répartir les eaux usées en trois catégories : peu, moyennement et très polluées, a été retenue. Les eaux peu polluées (DCO $<$ 30 mg/l) sont rejetées directement dans un cours d'eau.

.../...

Les eaux très polluées (DCO > 200 000) sont incinérées avec les vieux solvants. Cette solution permet pour un investissement de 4 M de francs de supprimer 10 tonnes de DCO par jour. Les effluents moyennement pollués dont la DBO5 est voisine de 3 300 et la DCO de 6 000 sont traités par une station d'épuration comportant un traitement physicochimique (neutralisation, floculation, décantation) suivi d'un traitement biologique (à boues activées) traitements qui éliminent 95 % de la DBO5 et 80 % de la DCO si bien que les rejets de cette usine passent (pour les effluents moyennement pollués) de 15 t/j de DCO à 3 t/j.

Le coût de l'ensemble des mesures anti-pollution s'est élevé à 32 M de francs dont 19 M pour la partie biologique, et les frais de fonctionnement sont estimés à 3 M de francs par an.

On remarque que l'incinération des effluents très pollués est intéressante car, par ce moyen, seulement 4 M de francs d'investissement permettent de supprimer 10 t/j de DCO alors, que pour la station d'épuration 28 M de francs d'investissement ne permettent de supprimer que 12 t/j de DCO soit 2,5 M de francs pour 1 t/j. Il faut cependant resté prudent dans la comparaison car la DCO supprimée ne vient pas des mêmes effluents et que moins les effluents sont riches en DCO, plus ils sont éloignés de leur point d'auto-combustion et plus l'apport de combustible (solvant ou fuel) nécessaire pour les incinérer doit être important.

Enfin, dans ce cas, les répercussions de toutes les mesures prises pour lutter contre la pollution sur le prix des substances actives produites peuvent se chiffrer (amortissement des investissements et frais de fonctionnement compris) à 5 % de ce dernier.

Pour résumer la situation au point de vue lutte contre la pollution des eaux, on peut dire que la plupart des entreprises importantes ont fait effectuer des études pour épurer leurs eaux mais les réalisations concrètes sont encore très peu avancées, de plus, rien que sur le plan des mesures visant à économiser l'eau il reste encore beaucoup à faire.

.../...

b) Objectifs à atteindre

Les normes que les services de l'industrie et des mines prescrivent aux différentes entreprises sont établies localement sans directives rigides venant du niveau national, aussi présentent-elles une assez grande diversité (par exemple dans certaines régions, les normes de rejet ne concernent que la DBO5 et pas la DCO ; dans d'autres, elles ne concernent pas l'azote total ...). Cette diversité n'est, après tout, pas forcément un mal car elle permet une meilleure adaptation aux conditions locales (rejet dans un cours d'eau déjà plus ou moins pollué et de débit plus ou moins important, particularités des effluents).

Bien évidemment d'une part, les mesures de réduction proposées sont, pour des raisons techniques et économiques, à atteindre par étapes, étapes s'étendant sur plusieurs années, d'autre part, l'Administration ne fixe que les objectifs et non les moyens pour les obtenir, bien qu'une définition d'objectifs sous-entende souvent des moyens appropriés pour les atteindre. C'est ainsi que les objectifs peuvent être établis à partir de la meilleure technologie existante à l'heure actuelle et économiquement tolérable.

Pour citer les principales normes disons que, pour les eaux rejetées aux cours d'eau :

- le pH doit être situé entre 5,5 et 8,5
- le seuil maximal de DBO5 varie entre 150 et 40 mg/l
- celui de DCO entre 450 et 120
- celui de MES est habituellement de 100
- enfin celui d'azote total également de 100.

.../...

En plus de ces concentrations maximales à respecter dans certaines régions on impose également des quantités maximales de rejet en DB05, DCO et MES. Ces mesures reviennent, de façon indirecte, à faire économiser la quantité d'eau consommée ; d'ailleurs, dans certaines régions des volumes d'eau maxima sont imposées. Cette réduction du volume d'eau consommée est l'un des points importants de la lutte contre la pollution (un volume d'eaux polluées réduit est dans tous les cas préférable), aussi, serait-il souhaitable que ce genre de mesure soit plus répandue.

Enfin, à cause des fluctuations importantes de débit et de charge polluante, on peut être amené, comme cela se fait en certains endroits, à imposer des normes de rejet maxima de DBO, DCO ou MES différentes selon qu'elles sont calculées sur une heure ou sur la journée. Par exemple que la DCO moyenne sur 24 heures soit inférieure à 90 et que la DCO moyenne sur 1 heure soit inférieure à 120.

Quant aux incitations pour la réalisation de stations d'épuration, les taxes imposées sur les eaux pour le prélèvement, la pollution et l'assainissement et les éventuelles amendes suite au non respect des normes imposées ne sont pas incitatives à la construction de tels ouvrages, et cela, même en tenant compte du fait que les subventions des Agences de Bassin en payent habituellement une petite moitié.

Pour ne citer qu'un exemple, en région parisienne les taxes sur la pollution s'élèvent à :

- 45 F par an par Kg/j de Matière En Suspension
- 90 F par an par Kg/j de Matière Organique
- 1 350 F par an par Kg/j de Sels Solubles
- 900 F par an par Kilo équitoxe/j de Matière Inhibitrice (toxicité)

.../...

En réalité, ce qui pousse telle ou telle entreprise à réaliser une station d'épuration, c'est, d'une part des conditions locales : pollution des cours d'eau intolérable pour les associations de pêcheurs ..., d'autre part la nécessité d'épurer leurs eaux si elles veulent obtenir l'autorisation de s'agrandir ou d'apporter des modifications importantes à leurs installations, enfin, bien plus rarement d'éventuelles mises en demeure de l'Administration d'atteindre tel ou tel objectif.

c) Difficulté des comparaisons entre usines

Il serait intéressant, à la fois pour des raisons d'équité et d'exemple, de savoir si une usine fait plus d'efforts qu'une autre en matière de lutte contre la pollution. Pour cela, il faut comparer la pollution avec un paramètre représentant l'activité de l'usine et de façon plus précise, avec l'activité de l'usine en tant que source de pollution. Il n'existe pas de tel critère universel pour l'industrie pharmaceutique ni même pour une de ces trois branches (produits d'extraction, fabrications biochimiques, chimie fine), néanmoins, on peut trouver des paramètres pouvant aider à faire des comparaisons.

La première idée venant à l'esprit est de regarder les tonnages produits. En réalité, sauf pour comparer des entreprises fabriquant un même genre de produit, ce critère n'en est pas un, car on ne peut raisonnablement pas additionner des grammes de vitamines avec des kilogrammes d'antibiotiques et des tonnes d'aspirines.

Un bien meilleur critère pour représenter l'activité d'une entreprise et la pollution correspondante est la quantité totale de matières premières consommées, critère intéressant car le rendement des activités de l'industrie pharmaceutique étant rarement supérieur à 10 %, la plus grande partie de ce qui entre se retrouve sous forme de déchets. Une autre possibilité est tout simplement le nombre d'employés de l'entreprise. Ce critère, bien que moins bon que le précédent, a le gros avantage d'être très facilement obtenu.

.../...

Il est évident que ces critères sont d'autant meilleurs si on les restreint à une des branches de l'activité pharmaceutique : extraction, fermentation ou synthèse.

Notons enfin quelques remarques concernant ces différentes branches.

Pour la chimie fine, le meilleur critère est la quantité de matières premières consommées.

Pour les fabrications biochimiques un bon estimateur est la quantité de mou fabriqué ; cette quantité peut d'ailleurs être reliée à la production car le rendement moyen de telles réactions est de l'ordre de 1 % pour les antibiotiques.

Enfin, pour les produits d'extraction, les substances mises en oeuvre peuvent être tellement diverses : bile de boeuf, écorce d'arbre, ..., qu'il n'existe pas de critères généraux permettant d'apprécier la pollution de ce genre d'activités de façon précise et générale.

.../.

V - DECHETS DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

A côté des rejets d'eaux usées dont nous venons de parler, l'industrie pharmaceutique produit de nombreux déchets. Pour fixer quelques ordres de grandeur, on peut reprendre l'exemple des quelques usines déjà citées. Les constatations que l'on peut faire sur ces exemples mais qui sont aussi valables de façon générale sont que :

- Pour les usines épurant les eaux résiduaires, les boues de décantation représentent de loin le plus gros tonnage. Ces boues sont riches en DCO mais pratiquement pas toxiques. Aussi, sont-elles souvent mises en décharges contrôlées après avoir été déshydratées. Ce cas peu répandu actuellement le sera beaucoup plus au fur et à mesure que les usines s'équiperont de stations d'épuration.

- Sinon, pour les entreprises ayant des activités de fermentation, les gâteaux de filtration représentent la part prépondérante des déchets. Ces gâteaux, riches en matières organiques et sels minéraux, peuvent très bien servir d'amendement.

- Enfin, pour tous les autres établissements, des ordures classiques (vieux emballages) forment la partie principale des déchets. Analogues à des ordures ménagères, elles sont incinérées ou mises dans des décharges "contrôlées".

- Juste après ces vieux emballages, on trouve des solvants usés (benzène, toluène, xylène, cétones, alcools, étheroxydes , tétrahydrofuranes, solvants halogénés ...). Ces vieux solvants proviennent soit des culots de distillation, soit de solvants trop souillés ou en trop petites quantités pour être régénérés ; ils sont donc très concentrés en impuretés. Ces solvants usés sont brûlés en même temps que les vieilles huiles mécaniques. Dans certaines usines, ils servent de combustible pour incinérer les eaux très polluées. Une exception doit être faite pour les solvants halogénés qui nécessitent des incinérateurs spéciaux à cause d'un problème de lavage des fumées

(récupération du chlore). Pour les entreprises cherchant à régénérer le plus possible leurs solvants, ceux qui sont incinérés ne représentent qu'une toute petite partie de ceux mis en jeu, car en moyenne 99 % de ces derniers sont récupérés par distillation et recyclés si bien que les trois quarts de la consommation annuelle de solvants proviennent de recyclages.

Des résidus de filtration forment la dernière partie importante des déchets. Ce peuvent être :

- des agents de filtration (cellulose, fibres synthétiques)
- des médias de filtration (terres de filtratio
- du charbon actif non régénérable
- des impuretés

Ces résidus, dont la nocivité peut être très variable sont mis dans des décharges spéciales qui doivent être étanches vis-à-vis de la nappe aquifère sous-jacente afin que les eaux de ruissellement et d'infiltration n'aillent pas la polluer.

A ces déchets on doit ajouter des boues provenant de traitements spécifiques (détoxication) qui peuvent être riches en métaux lourds (As, Hg, Pb, Mg, Cd) ou autres substances toxiques et donc nécessiter des précautions particulières de dépôt.

Enfin d'une façon générale, l'incinération des déchets riches en matières organiques permet de réduire leur quantité d'un facteur de 50 à 100. Elle est donc souvent utilisée.

.../...

REPARTITION DES DECHETS POUR QUELQUES ENTREPRISES DE L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

USINE	PERSONNEL OUVRIER	VIEUX EMBALLAGES ET ORDURES DIVERSES	SOLVANTS USES	RESIDUS DE FILTRATION	BOUES DE TRAITEMENT DES EAUX RESIDUAIRES	GATEAUX DE FILTRATION
B	120	250 t/an	200 t/an	800 t/an	10 000 t/an	3 000 t/an
C	1040	500 t/an	40 t/an	390 t/an		13 000 t/an
D	100	800 t/an	780 t/an dont 70 t de solvants chlorés		360 t/an	
F	950	500 t/an	500 t/an dont 20 t de solvants chlorés	300 t/an	11 350 t/an (2% de matières séchées)	

VI - RECAPITULATIF DES MESURES A PRENDRE POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION

La pollution peut se présenter sous trois grandes formes : la pollution de l'air, celle de l'eau, celle consistant en des déchets solides ou liquides. De ces trois formes, l'opinion publique est particulièrement sensible à la première (odeurs, couleurs, poussières) ; vient ensuite l'eau (poissons, couleurs) et finalement les déchets solides. Aussi la lutte contre la pollution a-t-elle été très importante en ce qui concerne la pollution de l'air, elle l'a été un peu moins pour les problèmes d'eaux et finalement peu importante pour les problèmes des déchets. Pratiquement, on a considéré que la pollution la plus visible, celle qui sensibilisait le plus les populations était la plus urgente à combattre alors que la pollution la plus dangereuse n'avait aucune raison d'être la plus apparente et pouvait au contraire être très insidieuse (nappe aquifère). Nous allons passer en revue ces trois grandes formes de pollution dans leur ordre de prise en compte par la population (et par voie de conséquence des pouvoirs publics) ; ordre qui, pour l'industrie pharmaceutique, n'est ni celui de leur nocivité, ni celui de leur importance quantitative ; pour ce dernier critère, les problèmes d'eaux seraient à placer en tête.

a) La pollution de l'air

Pour l'industrie pharmaceutique, elle est d'une importance très secondaire. Quelques riverains se sont bien sûr parfois plaints de mauvaises odeurs mais ces "odeurs" n'étaient en aucune manière toxiques (dioxyde de soufre, chlore ...). De toute façon, l'industrie pharmaceutique a fait beaucoup pour lutter contre ce genre de pollution (du moins pour les entreprises importantes) :

- traitement des fumées des incinérateurs
- traitement des vapeurs des grignards par des colonnes d'absorption (différentes selon que les vapeurs sont acides ou sont basiques)

.../...

- traitement particulier pour les vapeurs nitreuses (oxydées en acide nitrique)
- absorption puis destruction du gaz cyanidrique par l'eau de javel

...

Pour résumer, on peut dire que dans l'ensemble, les problèmes de pollution de l'air peuvent être résolus de façon satisfaisante et qu'ils le sont souvent. Le point le plus délicat est celui des odeurs provenant des installations d'épuration des eaux usées (amines volatiles ...) donc il ne concern qu'indirectement l'activité pharmaceutique.

b) <u>la pollution de l'eau</u>

Il y a une dizaine d'années, très peu de choses avaient été réalisées pour lutter contre celle-ci. Depuis, des mesures ont été prises : taxes, aides au financement de station d'épuration, ... ; mesures qui commencent seulement à porter leurs fruits et qui étaient loin d'être inutiles car la pollution de l'eau n'est pas une question secondaire, ses conséquenc pouvant être importantes, voire spectaculaires (flore et faune des cours d'eau).

Nous avons vu précédemment que les eaux usées pouvaient être réparties en trois catégories :

- des eaux de refroidissement et des eaux très peu polluées (DCO $<$ 120 mg/l) représentant les 3/4 de la consommation
- des eaux de lavage et certaines eaux de processus, moyennement polluées
- des eaux de processus très polluées (DCO $>$ 200 000 mg/l) en petites quantités mais représentant une part importante (pouvant aller jusqu'au tiers) de la DCO rejetée.

.../...

La première mesure à prendre est de pur bon sens ; il faut installer un réseau d'égouts séparatifs recueillant :

. d'une part les eaux de refroidissement, des pompes à vide, des éjecteurs à vapeur et celles de pluie provenant des toitures, eaux qui peuvent être directement rejetées dans les cours d'eau

. d'autre part les eaux moyennement polluées et les eaux de pluie provenant des canivaux (à cause du risque de pollution accidentelle par rupture de cuve, de conteneur, ...) eaux nécessitant un traitement avant d'être rejetées.

. enfin les eaux très polluées peuvent être recueillies par un troisième réseau d'égouts et être dirigées vers un réservoir de stockage avant d'être incinérées avec les vieux solvants et les gommes si l'on n'a pas choisi de les diluer et de les incorporer aux eaux moyennement polluées. Il faut souligner que l'incinération des eaux très polluées est une solution très valable car elle permet pour un total d'investissements bien plus faible que celui d'une station d'épuration, de supprimer totalement près d'un tiers de la DCO alors que l'épuration biologique ne supprimera que 80 % des deux tiers restants. Evidemment, les frais de fonctionnement de l'incinération deviennent importants dès qu'un apport de fuel est nécessaire. Pour une entreprise suffisamment importante, la séparation correspondant à un optimum économique se fait pour des eaux aux alentours de 100 000 mg/l de DCO.

Cette mesure concernant l'établissement d'un système d'égouts sépératifs n'était pas prise il y a une dizaine d'années car, comme les eaux usées ne subissaient alors aucun traitement, il était préférable de diluer la pollution avant le rejet dans les cours d'eau. Depuis quelques années cependant, les industriels équipent leurs anciens ateliers d'un tel réseau, les nouveaux ateliers créés l'étant systématiquement ; aussi ce premier est-il en bonne voie de réalisation.

.../...

Pour ce qui est des eaux de refroidissement, on ne voit pas, à première vue, de condition particulière à leur imposer, excepté que leur température de rejet n'excède pas 30°. Comme ces eaux représentent les 3/4 de celles consommées par l'industrie pharmaceutique, on peut être amené à les réduire pour des raisons de rareté.

Cependant, dans tous les cas, une réduction est souhaitable pour des raisons de sécurité. En effet, si les consommations d'eau sont trop importantes, l'industriel pourrait être tenté d'y déverser une partie de ses eaux polluées, de traitement difficile et nécessitant des mesures spécifiques, afin qu'elles soient diluées dans la grosse quantité des eaux de refroidissement. Ceci pourrait alors passer à peu près inaperçu. Dans bien des cas, comme jusqu'à maintenant rien n'incitait l'industriel à faire de telles économies, le prix de l'eau étant dérisoire (autour de 1 cm par m3), une meilleure organisation basée sur le contrôle du ΔT permettrait de faire de sérieuses économies (dans certaines usines les consommations d'eau pourraient ainsi être réduites de plus de moitié !). Si ces consommations restent importantes, on peut encore les réduire en utilisant des réfrigérants atmosphériques pour recycler les eaux de refroidissement.

Dans le même ordre d'idées, il convient de réduire le volume des eaux très peu polluées, volume qui vient au deuxième rang après celui des eaux de refroidissement. Pour cela il est souhaitable de recycler au maximum les eaux nécessaires au fonctionnement de certains appareils (pompes à vide, trompes à eau, ...) afin de réduire leur consommation. Evidemment, la charge polluante de ces eaux augmentera mais ce n'est pas un inconvénient, si elles ne sont plus très peu polluées, il suffira alors de les incorporer avec les eaux moyennement polluées.

.../...

Regardons maintenant ce qu'il advient des eaux usées. Tout d'abord nous avons vu que pour les eaux très fortement polluées, il était intéressant de les incinérer avec les vieux solvants aussi nous n'y reviendrons pas ; sinon, elles sont mélangées avec les eaux moyennement polluées.

Pour certaines de ces eaux usées, il doit être envisagé un traitement spécifique avant le mélange avec les eaux usées d'autres provenances. En effet, pour des raisons d'efficacité ou de toxicité, lorsque les substances polluantes particulières ne sont pas encore diluées dans les autres eaux polluées, un tel prétraitement s'impose avant le rejet au réseau d'égouts des eaux polluées (par exemple pour des effluen contenant de l'arsenic, du cyanure, des eaux cuivriques ...). De tels prétraitements existent rarement dans les usines sauf si de grandes quantités d'effluent ayant les mêmes caractères spécifiques font que ceux-ci deviennent nécessaires (par exemple lorsque plusieurs réactions font intervenir du cyanure). Sinon, les industriels se contentent de diluer toutes ces pollutions particulières susceptibles d'un prétraitement spécifique avec les autres eaux polluées. Une approche possible de ce problème demanderait de faire la liste des traitements spécifiques existant ici ou là dans les usines, puis de savoir si dans l'entreprise considérée ces prétraitements ne sont pas applicables aux rejets de telles ou telles étapes de fabrication. Il est important de souligner le rôle très efficace de ces mesures spécifiques du fait qu'elles agissent avant dilution. Or, les comparaisons entre usines étant difficiles en ce qui concerne ces prétraitements, on a souvent tendance à les négliger. En effet, comment dire qu'une usine fait plus d'efforts en ce sens qu'une autre alors que ceux-ci dépendent des produits fabriqués et ne peuvent donc pas être mis en parallèle. Sans base solide de comparaison pour ces prétraitements, il y a de grandes chances pour qu'on les néglige, d'autant plus qu'à côté de ces mesures, le fonctionnement d'une station d'épuration est lui quelque chose d'aisément comparable. On peut donc être tenté de sous-estimer

.../..

les efforts faits sur les traitements spécifiques vis-à-vis de ceux faits sur l'épuration globale. En particulier, il serait ridicule d'imposer des performances identiques à des stations d'épuration si les prétraitements spécifiques sont importants dans un cas et inexistants dans l'autre. En cette matière, l'exemple des U.S.A. où l'on se contente d'édicter des normes de fonctionnement pour les stations d'épuration n'est pas à imiter. Notons enfin à propos de ces prétraitements spécifiques qu'ils peuvent produire des boues très toxiques (contenant de l'arsenic ...) dont il convient de veiller à la bonne destination.

Après le réseau d'égouts séparatifs et les traitements spécifiques viennent tout un ensemble de traitements pour l'ensemble des eaux polluées constituant la station d'épuration. Il peut bien entendu y avoir de nombreuse variantes, les techniques ne datant que d'une vingtaine d'année et n'étant pas encore arrivées à leur stade final d'élaboration Dans l'ensemble les différentes étapes du traitement restent les mêmes. Il comprend deux éventuellement trois grandes parties :

- un traitement physico-chimique
- un traitement biologique
- un traitement tertiaire (éventuellement)

1) traitement physico-chimique

L'eau à la sortie du réseau d'égouts d'eau moyennement polluée arrive dans un bassin d'homogénéisation servant de stockage et de bassin tampon. Ce bassin permet d'étaler les fluctuations de débit d'une heure sur l'autre voir d'un jour sur l'autre. S'il a été prévu suffisamment important, il permet même de régulariser celui-ci sur toute la semaine (par exemple un débit régulier sur sept jours alors que l'usine ne travaille que sur cinq). Dans ce bassin

.../...

se produit aussi un déssablage à moins que celui-ci ait été réalisé en amont par un dispositif approprié (escargot). Enfin, comme des effluents de provenances diverses se trouvent réunis, il se produit une neutralisation quasi automatique de ceux-ci. Cela est d'autant plus intéressant que s'il fallait utiliser un acide (l'acide sulfurique) ou une base (la soude ou la chaux), on augmenterait d'autant la salinité de l'eau ou les boues (sulfate de chaux ...). En particulier, l'augmentation de la salinité n'est pas du tout souhaitable car elle est difficile et coûteuse à réduire. Evidemment une neutralisation ultérieure peut s'avérer nécessaire mais elle est alors beaucoup plus réduite. Après cette homogénéisation et neutralisation, l'eau subit un traitement de floculation suivi d'un traitement de décantation-flotation. La floculation est réalisée par adjonction d'une faible quantité de polymères dissous dans de l'eau (polyélectrolytes). L'eau est alors introduite dans un bassin de décantation où d'une part les boues décantées au fond du bassin sont pompées ; elles sont alors épaissies puis déshydratées pour être ensuite incinérées ou mises en décharge, d'autre part les matières floculantes (gommes) sont récupérées par flotation. Celles-ci seront, après avoir été dissoutes, incinérées en même temps que les vieux solvants et les eaux très polluées.

Enfin, ces bassins étant souvent aérés, une partie des solvants dissous est retirée par entrainement (stripping), il se produit même parfois un début d'oxydation biologique réduisant ainsi la DBO5 de 10 à 20 %. De ces bassins de décantation l'eau ressort en ayant perdu beaucoup de sa MES et une partie de sa DCO-DBO. C'est le but de la seconde étape du traitement : le traitement biologique, que de poursuivre la réduction de la DBO et de la DCO.

.../...

2) traitement biologique

Celui-ci consiste à mettre l'effluent en contact avec une population bactérienne appropriée pendant une durée suffisante (quelques heures en moyenne) tout en lui fournissant l'oxygène nécessaire à son métabolisme (par agitation ou par barbottement d'air). Au cours de leur métabolisme, les bactéries consomment les matières organiques dissoutes ou en suspension dans l'eau réduisant ainsi la DBO et la DCO. Ces méthodes commencent à être satisfaisantes et les réductions de DBO5 atteignent couramment 90 %. Il faut cependant que le rapport DCO sur DBO n'excède pas trois pour que le fonctionnemen soit correct. Il faut aussi que la toxicité de l'eau soit faible. Enfin, cette méthode manque de souplesse. En effet, nous avons vu que la station contient un certain nombre de micro-organismes, or ceux-ci ne sont capables d'absorber qu'une certaine quantité de matières organiques par jour et de plus il faut nécessairement leur en fournir continuellement une quantité minimale pour leur métabolisme. Puisque le nombre de ces bactéries ne peut varier que très lentement, il est impossible de l'adapter à de rapides fluctuations de la charge polluante et un surdimensionnement de la station n'améliorerait que peu son fonctionnement. Pour obtenir un bon fonctionnement, on doit veiller à ce que la quantité de DCO offerte aux micro-organismes reste à peu près constante, le débit, lui, étant susceptible de fluctuations.

Vu les inconvénients et les difficultés de mise en oeuvre du traitement biologique, on pourrait être tenté de réduire la DCO par un traitement chimique. De telles possibilité existent (précipitation, oxydation). Par rapport au traitement biologique, le traitement chimique semble présenter de nombreux avantages : il est plus efficace (réduction poussée de la DCO si on le désire), il n'est pas influencé par la toxicité de l'eau, enfin, il s'adapte parfaitement aux aléas de débits et de charges polluantes. Malheureusement il est

souvent plus coûteux. On pourrait laisser le choix entre l'une ou l'autre méthode de traitement pourvu que celle-ci abaisse le taux de pollution au-dessous du seuil fixé. On serait même tenté, pour des raisons de fiabilité, de préférer l'épuration chimique. En fait il faut bien s'en garder. Si l'épuration chimique apparaît comme la plus robuste et la plus souple, c'est, dans un certain sens, la moins sûre. En effet, supposons que les traitements spécifiques de détoxication ou le prétraitement physico-chimique marchent mal. Cela n'empêchera pas l'épuration chimique de fonctionner correctement mais cela risquera de tuer les bactéries de la station biologique et celle-ci ne fonctionnera alors plus du tout. Dans le premier cas l'industriel pourrait être tenté de laisser les choses telles quelles ou de prendre des mesures lentement et de façon incomplète. Dans le second cas, cette situation est inadmissible, aussi, celui-ci sera-t-il enclin à surveiller de très près les prétraitements de détoxication et le traitement physico-chimique. Ainsi, pour des raisons de sécurité, seul un traitement biologique semble devoir être retenu.

3) Fluctuations et traitement tertiaire

Puisqu'un traitement biologique doit être retenu, nous devons regarder d'un peu plus près les problèmes de fluctuations du débit d'eaux polluées, problèmes spécifiques à l'industrie pharmaceutique. Pour celles qui se produisent au cours des postes de travail, le bassin d'homogénéisation joue le rôle de bassin tampon et permet de les absorber sans difficulté. Pour celles qui ont lieu sur une durée d'une semaine ou d'un mois, le problème est plus délicat. C'est notamment le cas pour les entreprises ne travaillant que 5 jours sur 7 où les rejets d'effluents doivent être obligatoirement étalés sur 7 jours, et aussi pour les activités de fermentation caractérisées par de forts aléas dans les rejets.

.../...

Compte tenu du fait qu'une station biologique n'a presque aucune souplesse, plusieurs possibilités s'offrent pour lutter contre ces problèmes de fluctuations.

Tout d'abord une meilleure organisation dans la conduite des fabrications, organisation tenant compte de la charge polluante produite par telle ou telle réaction, pourrait réduire de beaucoup ces fluctuations. Un bassin d'homogénéisation dont la capacité correspondrait à une journée de production serait alors suffisant. Malheureusement cette solution présente l'inconvénient d'être difficile à mettre en oeuvre (manque d'intérêt de la part des industriels) ainsi qu'à contrôler. Quant au dimensionnement de la station d'épuration, il devra, bien entendu, être basé sur le mois de production maximale.

Une deuxième solution, obligatoire pour les entreprises ne travaillant que 5 jours sur 7, est que le bassin d'homogénéisation soit d'une capacité suffisante pour contenir les eaux polluées correspondant à deux-trois jours de productio (notamment à cause d'éventuels ponts de quatre jours). Les fluctuations sur une même semaine sont alors supprimées et c'est peu de chose que de s'arranger pour que celles entre semaines restent peu importantes.

Enfin, une troisième solution est d'avoir un traitement tertiaire chimique (par exemple précipitation par le chlorure ferrique ou le sulfate d'alumine). Cette méthode de traitement, d'une très grande souplesse, permettrait d'achever la réduction de la DCO principalement lors des crêtes de charge polluantes, crêtes que la station biologique est incapable de lisser.

.../...

4) Contrôles

Actuellement seul le pH et le débit des effluents rejetés sont contrôlés de façon continue. En plus, une ou plusieurs fois par an, une analyse complète d'échantillons est réalisée. Pour compléter ces contrôles, il serait souhaitable de mesurer les moyennes hebdomadaires ou mensuelles de DCO et DBO5, c'est-à-dire les mesurer sur des prélèvements réalisés proportionnellement au débit. Ce genre de prélèvements en continu n'est pas très difficile à installer et a l'avantage de fournir une vraie moyenne. Malheureusement, beaucoup se contentent de prélèvements constants. Comme les eaux les moins bien épurées sont celles des pics de rejet, ils sous-estiment ainsi systématiquement la pollution.

L'idéal pour contrôler ces pics de rejet serait d'avoi un enregistrement continu ou toutes les heures ou demi-heures de la DCO. Il serait alors possible de vérifier que les normes de rejet prescrites pour les moyennes horaires et journalières ne sont pas dépassées. Quant à la réalisation de tous ces contrôles, il n'y aurait pas trop d'inconvénients à les laisser au soin des industriels. Au contraire, ceci ne peut que contribuer à mettre en valeur la responsabilité de ceux-ci en matière de pollution, responsabilité dont ils n'ont pas à se décharger sur l'administration comme ce serait le cas si les contrôles étaient réalisés par un organisme extérieur pour le compte de l'administration.

C) Les solvants

Les vieux solvants sont les déchets qui en volume, arrivent juste après les eaux usées. Ils proviennent des étapes d'extraction et de purification et sont donc chargés en impuretés. Autrefois, les moins souillés étaient redistillés, les autres brûlés. Maintenant on procède presque systématiquement à leur régénération par distillation. Celle-ci n'a pas que des

.../..

inconvénients du point de vue économique car, en procédant à des redistillations successives pour les têtes et les queues de distillation on arrive à récupérer de 95 à 99 % du solvant. Ces récupérations permettent de couvrir en moyenne 75 à 80 % de la consommation annuelle (de 90 % pour certains à 50 % pour d'autres comme l'acétone). Il est important de noter que, pour que cette récupération soit intéressante, les quantités de solvants mises en jeu doivent être suffisamment importantes. C'est pourquoi, si elles sont faibles, il serait utile de prévoir leur stockage pour les recycler par quantités suffisantes donc à des intervalles suffisamment longs. Pour ce qui est des impuretés initialement contenues dans les solvants, elles se retrouvent sous forme concentrée dans les culots de distillation. Ceux-ci sont brûlés, de même que les solvants non récupérables (trop souillés ou en quantités trop faibles). On peut tirer complétement parti de ces vieux solvants si, comme c'est le cas dans certaines entreprises, ceux-ci sont incinérés avec les vieilles huiles mécaniques et avec les eaux très fortement chargées en DCO (supérieure à 100 ou 200 000 mg/l) et les gommes issues du prétraitement (une fois solubilisées) moyennant parfois un apport de fuel. Ce genre d'incinérateur nécessite un brûleur spécial et un système complexe de lavage des fumées (dépoussièrage électrostatique) dont la technologie commence à être au point. A la température de la flamme du brûleur (900°) la DCO est totalement détruite. C'est donc un moyen très élégant de se débarrasser des eaux très polluées qu'autrement l'on aurait été obligé de diluer de dix à cent fois, d'autre part il a l'avantage de représenter un investissement pas très considérable (0,5 M de francs par tonne de DCO par jour) en regard de la quantité de DCO qui peut être ainsi éliminée.

Parmi les solvants, une exception doit être faite pour les solvants halogénés. En effet, ils posent un problème de lavage des gaz de combustion (récupération du chlore et de l'acide chloridrique). Aussi nécessitent-ils des incinérateurs spéciaux (un seul en France actuellement) ; autrement ils sont brûlés en mer du Nord.

d) Déchets solides

L'industrie pharmaceutique est aussi productrice d'un certain nombre de déchets solides. Les problèmes qui peuvent se poser sont à première vue plus simples que ceux relatifs aux eaux usées car le volume de ces déchets est plus réduit. En fait comme la pollution qu'ils peuvent apporter ne se fera sentir qu'au bout d'une plus ou moins longue période et est de ce fait plus insidieuse et moins spectaculaire que celle de l'eau (eutrophisation, déversement accidentel d'arsenic ...) ou de l'air (odeurs, poussières), on pourrait être tenté de négliger les problèmes qu'elle peut poser ou du moins d'en prendre moins soin. C'est là un danger qui se révèlerait être une grave erreur.

Ces déchets solides peuvent être d'une nocivité très différente : ils vont des vieux emballages, simplement mis en décharge jusqu'aux déchets contenant de l'arsenic qui doivent être inclus dans une maille de silice et déposés dans d'anciennes mines de sel en passant par des gâteaux de filtration et des boues provenant de l'épuration des eaux.

Pour ce qui est des volumes, les vieux emballages et les boues de filtration peu nocives , en général constituées de matières organiques et d'agents de filtration comme la diatomite, en représentent la part la plus importante après les boues provenant du traitement des eaux usées s'il en existe un, ou après les gâteaux de filtration pour les entreprises ayant des fabrications biochimiques.

C'est cette diversité et la facilité avec laquelle il serait possible de mélanger quelques kilogrammes de déchets toxiques à des tonnes d'autres sans danger qui posent le plus de problèmes.

.../...

Regardons maintenant les méthodes habituellement utilisées pour s'en débarrasser.

Une première méthode assez souvent employée est l'incinération. On peut ainsi détruire les vieux emballages et les déchets riches en matières organiques : boues des stations d'épuration déshydratées, résidus de filtration, organes d'animaux ou résidus de végétaux.

Ce procédé ne permet malheureusement pas de se débarrasser des métaux lourds. Au point de vue énergétique il a l'avantage de permettre la récupération de calories.

A côté de ce procédé que l'on pourrait qualifier d'universel car applicable à presque toutes les sortes de déchets, il existe des procédés adaptés à certaines catégories particulières, ce sont les procédés de mise en décharge :

- en décharges contrôlées (soumises à déclaration), souvent dans d'anciennes carrières, pour les déchets peu nocifs vieux emballages, certains résidus de filtration ...

- en décharges spéciales dites agréées (soumises à autorisation) pour des déchets légérement toxiques ; ces décharges, souvent en terrain argileux, sont étanches vis-à-vis de la nappe aquifère. On évite ainsi de polluer cette dernière par lessivage des déchets et percolation

- dans d'anciennes mines de sel pour des déchets très toxiques.

Enfin il existe des procédés spécifiques pour certains types de déchets.

.../...

Ainsi les premiers gâteaux de filtration provenant des activités de fermentation et ceux provenant des extractions végétales peuvent servir comme amendement, comme fertilisant ou même comme alimentation pour le bétail.

De même les boues provenant de l'épuration des eaux : décantation et traitement biologique peuvent servir comme amendement.

Certaines de ces boues, à la suite de fermentation, produisent de mauvaises odeurs. Il existe cependant un système de traitement thermique à 200 °C qui permet de les déshydrater et de les transformer en une sorte de terreau, remédiant ainsi à cet inconvénient (on peut également y remédier en relevant le pH).

Toujours pour ce qui est des boues, si celles-ci sont en quantités suffisantes, on peut leur faire subir une oxydation anaérobie, oxydation qui permet de réduire la charge organique tout en récupérant de grandes quantités de méthane et en diminuant la formation ultérieure de mauvaises odeurs.

Pour conclure, nous rappellerons que les déchets solides posent avant tout un problème de contrôle. Il est en effet facile de mélanger une faible quantité de déchets toxiques avec ceux qui sont mis en décharge. Ces déchets pouvant alors être lessivés par des eaux d'infiltration et finir par polluer, des années après, la nappe aquifère sous-jacente. Cela est d'autant plus dangereux que, contrairement à une pollution de l'air ou de l'eau, comme l'on ne s'en rendra pas compte immédiatement mais des dizaines d'années plus tard, aucune mesure ne pourra être prise pour la résorber à moyen terme.

.../...

VII - CONCLUSION

L'industrie pharmaceutique est un secteur déterminé par un même but et non pas par l'utilisation d'une même technique aussi regroupe-t-elle des entreprises utilisant trois grandes techniques : l'extraction, la fermentation et la synthèse. Les médicaments étant des molécules proches de la matière biologique, la pollution est principalement organique. La plus gênante est celle de l'eau. Elle s'élève à 120 tonnes par jour de MO ce qui représente 15 % de la MO rejetée par le secteur chimique dans ses eaux de rejet et 3,3 % de la pollution organique totale des eaux de rejet du secteur industriel. Le secteur pharmaceutique n'est donc pas une source de pollution négligeable. Pour tenter de réduire cette pollution, un atout important est que sur les deux cents entreprises que compte cette branche, six à elles-seules rassemblent la moitié de la MO produite et vingt, 80 % de celle-ci. Parmi les techniques employées, celles de fermentation sont beaucoup plus polluantes que celles de synthès (c'est en partie dû à la différence des rendements : 1 % contre 10 %) et elles ne sont employées que par un nombre restreint d'entreprises souvent en association avec des procédés d'hémisynthèse. Aussi en ne s'intéressant qu'aux plus importantes de celles-ci : une dizaine, on peut appréhender 40 % de la pollution du secteur pharmaceutique, c'est-à-dire qu'en ne s'intéressant qu'à un très petit nombre d'entreprise on peut quand même couvrir un peu plus de 1 % de la pollution organique totale du secteur industriel. Reste à savoir s'il est possible de réduire de façon importante ce 1 %.

Les effluents de l'industrie pharmaceutique sont, parmi les effluents industriels, de ceux qui se rapprochent le plus des effluents urbains (pollution organique peu toxique), rapprochement qui est encore meilleur pour les fabrications biologiques. C'est pourquoi les techniques d'épuration à utiliso sont proches de celles employées pour le traitement des eaux d'égouts urbains où l'on dispose d'une longue expérience.

.../...

Malheureusement, une transposition directe de ces techniques est impossible et chaque cas particulier nécessite une étude sur pilote préalable pour prendre en compte les caractéristiques propres des effluents. Aussi le délai de réalisation d'une station d'épuration ne peut guère être réduit dans les meilleurs des cas à moins de 3 ans. Les questions relatives aux caractéristiques propres des effluents sont plus délicates pour les activités de synthèses car elles sont souvent associées à d'autres activités de chimie fine n'appartenant pas au secteur pharmaceutique qui fournissent des effluents plus difficilement traitables (toxicité, rapport DCO/DBO, proportion de carbone, d'azote et de phosphore).

La partie activités de fermentation présente par rapport à la chimie fine un autre avantage : utilisant de nombreuses méthodes de filtration, les industriels sont plus à même de les employer dans leurs procédés de purification et de concentration pouvant ainsi mieux juger des avantages et des inconvénients d'avoir une pollution sous forme de déchets solides plutôt que sous forme aqueuse.

Quant aux rendements escomptés des stations d'épuration on peut se baser sur une réduction de la MO de 80 à 85 %. Actuellement pratiquement aucune station ne fonctionne ; quelques unes sont en cours de réalisation, d'autres en projet si bien que lorsque les dix ou onze entreprises les plus importantes parmi celles employant des procédés de fermentation seront équipées d'un système d'épuration de leurs eaux, ce sera les 4/5 du 1 % de MO qui seront supprimés soit 30 t/j de DCO. Une difficulté de financement pourrait se poser ; en fait il n'en est rien. Les investissements : agrandissements ou modifications ne sont pas rares dans ces entreprises, aussi peuvent-elles consacrer une certaine part de leurs investissements (en moyenne 10 à 15 %) pour les mesures d'épuration de leurs eaux et de lutte contre la pollution, d'autant plus que les Agences de Bassin en financent toujours une petite moitié.

.../...

Avant de résumer les mesures générales à prendre pour lutter contre la pollution, nous devons faire une remarque importante : nous avons essentiellement raisonné sur la quantité de MO rejetée par les usines pour appréhender la pollution organique , déterminer les entreprises dont on doit s'occuper (une vingtaine) et évaluer l'efficacité des actions possibles (MO retirée). Les très gros avantages de ce critère (additivité) ne doivent surtout pas nous faire oublier qu'il ne peut, à lui seul, résumer la pollution organique et ainsi nous ouvrir la possibilité de commettre de graves erreurs.

En effet, sur l'exemple d'une usine rejetant dix fois plus de MO qu'une autre dans un cours d'eau de débit cent fois plus important on voit que, plutôt que la quantité, la concentration de MO après dilution dans le cours d'eau intéressé peut, dans certains cas, être un critère mieux adapté.

Malheureusement ce critère est moins sympathique : manque d'information pour les données, difficulté de comparer les réductions obtenues ... Pratiquement le mieux à faire est de se baser sur les quantités de MO, les cas particuliers importants non pris en compte par ce critère ne manquant pas, de toute façon, d'être signalés autrement (plaintes nombreuses .

Nous allons terminer en passant en revue les principaux moyens de lutter contre les pollutions dans l'industrie pharmaceutique. Comme c'est une grosse consommatrice d'eau (les 3/4 sont des eaux de refroidissement) et que sa pollution est essentiellement contenue dans ses effluents aqueux (eaux de processus et de lavages riches en matières organiques), les mesures destinées à économiser l'eau constituent une première manière de lutter contre la pollution (une même quantité de DCO contenue dans un plus grand volume d'eau devant être considérée comme une pollution plus importante).

.../...

Comme jusqu'à maintenant peu d'incitations existaient en ce sens (prix, quantités maximales) une réduction d'un tiers des consommations semble possible (principalement pour les eaux de refroidissement).

Les mesures destinées à réduire les quantités de DCO et DBO rejetées sont les plus importantes mais aussi les plus onéreuses (autour de 2 à 2,5 M de francs d'investissement par tonne par jour de DCO retirée). Ce sont :

1°) Un réseau d'égouts séparatifs : eaux de refroidissement et de pluie - eaux de processus et eaux de lavage - éventuellement eaux de processus très polluées dont la DCO est supérieure à 100 000 mg/l.

2°) Régénérer le plus possible les solvants souillés (car la DCO des solvants est très importante) et incinérer ceux qui ne sont pas récupérables et les culots de distillation avec les gommes issues du prétraitement et éventuellement avec des eaux peu biodégradables (toxiques ou très chargées en DCO).

3°) Traiter les eaux polluées dans une station d'épuration en ayant préalablement pris soin de faire subir des traitements spécifiques aux eaux toxiques ou aux eaux pour lesquelles cela pourrait être avantageux.

Pour des effluents riches en matières organiques, comme c'est le cas pour l'industrie pharmaceutique, la station d'épuration doit utiliser un traitement biologique. Les rendements d'une telle épuration sont habituellement de 90-95 % pour la DBO5 et de 75-80 % pour la DCO. Les principales installations de la station doivent être :

.../...

- un bassin d'homogénéisation et de neutralisation servant en outre de bassin tampon et permettant ainsi de régulariser le débit (pour supprimer les fluctuations trop importantes d'un jour sur l'autre) ;

- un traitement physico-chimique par floculation, flottation et décantation nécessaire pour réduire la MES et une partie de la DCO, donnant d'une part des boues mises en décharge ou incinérées, d'autre part des gommes incinérées avec les vieux solvants ;

- un traitement biologique (à boues activées ou lit bactérien) pour réduire la DBO. Ce genre de traitement nécessite que la toxicité des effluents soit faible et que le rapport DCO/DBO5 soit inférieur à 3. Cette étape peut être remplacée par une oxydation chimique mais présente alors moins de garanties (toxicité). Eventuellement il peut être nécessaire de procéder ensuite à une nitruration pour faire baisser l'Azote Total des effluents ;

- enfin un traitement tertiaire peut être nécessaire pour achever la réduction de la DCO (par exemple par précipitation ou adsorption sur charbon actif). Il est en particulier indispensable s'il n'existe pas de bassin de rétention suffisamment grand pour absorber les fluctuations des eaux usées.

Pour ce qui est des boues provenant du traitement physico-chimique (décantation) ou biologique (clarification), elles peuvent suivant leur toxicité et leur charge en DCO-DBO

- être déshydratées puis incinérées
- être déposées en carrières plus ou moins réglementées
- servir d'amendement, éventuellement après un traitement thermique (odeurs)
- enfin subir une oxydation anaérobie, du méthane est ainsi récupéré et la boue est transformée, une fois séchée, en terreau.

.../

Pour conclure, des possibilités de réduire la pollution dans l'industrie pharmaceutique existent mais elles ne sont encore que très peu utilisées. Elles peuvent contribuer à supprimer une part non ridicule de celle-ci . (30 t/j de MO) sans pour autant avoir à s'intéresser à un grand nombre d'usines ; condition intéressante et nécessaire. car chaque entreprise a des caractéristiques propres et que l'on ne peut pas transposer directement les mesures prises d'une entreprise à l'autre.