

TD
370
C68
1995

3615491B

Contrat No: KM351-5-5514

**DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTEME DE DÉTECTION ET
DE CONTROLE EN CONTINU *IN SITU* DE LA TOXICITÉ DES
EFFLUENTS INDUSTRIELS**

Par:

**Georges Costan, Ph.D.
4857, avenue Patricia
Montréal (Qc) H4V 1Y7**



Pour:

**Environnement Canada
Saint-Laurent Vision 2000
685, Cathcart, 8ème étage
Montréal (Qc) H3B 3M6**

Décembre 1995

TD
370
C68
1995

AVANT-PROPOS

Ce document propose une nouvelle approche dans le contrôle de la qualité des effluents d'industries performantes en matière d'environnement. Le document comporte deux parties principales: la première expose la problématique des rejets liquides industriels ainsi qu'une synthèse des approches actuelles de contrôle (effectives et potentielles), alors que la seconde partie expose en détail le nouveau concept de contrôle spécifique à l'industrie qui possède les moyens techniques (e.g. traitement secondaire) de répondre aux exigences gouvernementales sur la qualité des effluents.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1.0 Problématique	4
1.1 Un contrôle partiel, répétitif et souvent sans justification	5
1.2 Le biomonitoring: un moyen de contrôle en continu <i>in situ</i>	7
1.3 Contrôle biologique ou physico-chimique?	9
2.0 Le contrôle physico-chimique dans le contexte d'une nouvelle approche	10
2.1 Sélection des paramètres physico-chimiques	11
2.11 La température	12
2.12 Le pH	13
2.13 La conductivité	15
2.2 Le système de détection et d'analyse de la toxicité	16
Conclusion	23
Références	24
Annexes	26

1.0 PROBLÉMATIQUE

Les rejets liquides industriels constituent l'une des principales sources de pollution pour les écosystèmes aquatiques (1). Pour contrôler la qualité de ces rejets, les gouvernements préconisent une approche basée sur l'analyse physico-chimique (mesure des paramètres conventionnels et des polluants) et biologique (bioessais et/ou études *in situ*). Les rejets sont échantillonnés et analysés systématiquement par l'industrie, à une fréquence déterminée (par heure, jour, semaine, mois) selon le type de paramètre physico-chimique ou biologique, sans se préoccuper des variations ou de la stabilité de l'écoulement. Les coûts annuels d'un tel contrôle se chiffrent en dizaines, voire en centaines, de milliers de dollars pour l'industrie (G. Duchesneau, communication personnelle). Or, pour certaines usines qui rencontrent les exigences gouvernementales en matière d'environnement, ce type de contrôle ne correspond probablement pas aux mêmes nécessités établies pour des usines moins performantes. Dans ce contexte, il y a lieu de s'interroger sur la possibilité de réduire les coûts par un contrôle plus sélectif approprié aux effluents des industries performantes. Les principales caractéristiques du contrôle actuel et les options alternatives possibles sont exposées ci-après.

1.1 Un contrôle partiel, répétitif et souvent sans justification

La qualité d'un effluent industriel peut être évaluée en combinant l'analyse physico-chimique de cet effluent à l'évaluation de son potentiel toxique à l'aide d'un ou plusieurs bioessais (tests biologiques utilisant des organismes exposés durant un temps déterminé à diverses concentrations de l'effluent). Deux types d'évaluation sont couramment employées: 1) l'évaluation relativement complète (caractérisation physico-chimique et batterie de bioessais) mais de courte durée (généralement de 3 à 5 jours, une fois tous les 3 à 5 ans) et 2) l'évaluation partielle (mesure de quelques paramètres et réalisation d'un ou deux bioessais) sur une base journalière, hebdomadaire ou mensuelle tel que stipulé dans la réglementation.

Le premier type d'évaluation s'applique principalement dans un contexte d'analyse comparative du potentiel toxique d'effluents de diverses origines industrielles. Cette approche s'est d'ailleurs révélée particulièrement utile dans le cadre du Plan d'Action Saint-Laurent (PASL) dont un des objectifs concernait la réduction de 90% des émissions toxiques provenant de 50 industries du Québec (2). Sur une dimension temporelle, l'information obtenue, aussi complète soit-elle, est cependant fragmentaire (la période d'évaluation est trop courte alors que la durée entre chaque évaluation est en

contre-partie trop longue). Par conséquent ce type d'évaluation s'applique mal au suivi régulier de la qualité d'un effluent industriel et cadre mal avec la notion même de contrôle. C'est donc le second type d'évaluation qui est appliqué à cette fin. Sur le plan temporel, l'information obtenue est régulière. Elle est cependant ponctuelle et partielle (quelques analyses physico-chimiques et biologiques à une fréquence déterminée). La nature de l'information est alors tout aussi fragmentaire et dans le cas plus particulier d'une industrie performante (qui possède par exemple un traitement secondaire de ses eaux usées avant rejet), il y a lieu de se demander si ce type d'évaluation répétitive se justifie vraiment lorsque l'écoulement normal de l'effluent après traitement ne produit pas de toxicité létale et se conforme aux paramètres normatifs.

Par ailleurs, les analyses physico-chimiques et biologiques étant essentiellement réalisées en laboratoire, le transport (si nécessaire), la manipulation, la préservation et la conservation des échantillons avant analyse constituent des sources potentielles de biais dans les résultats et représentent des délais de plusieurs jours avant d'avoir une information qui permette de corriger toute anomalie ou d'interagir avec les opérations des procédés et des systèmes de traitement.

En résumé, l'évaluation de la qualité d'un effluent selon l'une ou l'autre des approches discutées ci-avant fournit une information ponctuelle et partielle, implique des coûts substantiels, génère des délais pour la correction des anomalies (écoulement hors de la "normalité"), et ultimement semble peu appropriée au contrôle des effluents d'industries performantes.

1.2 Le biomonitoring: un moyen de contrôle en continu *in situ*

Au vu des problèmes de l'évaluation actuelle de la qualité des effluents industriels, une approche alternative de contrôle en continu *in situ* doit être envisagée. A prime abord, le monitoring biologique semble une approche prometteuse; d'ailleurs déjà en développement en Europe (3). Globalement, elle consiste en la mise en place d'un système de détection de la toxicité à partir de la réponse d'un organisme installé dans un canal d'écoulement des eaux (naturel ou artificiel). Ainsi par exemple, l'ouverture ou la fermeture des valves d'une moule peuvent être respectivement indicatrices de conditions environnementales "normales" (c'est-à-dire dans la gamme de tolérance de l'organisme) ou d'un problème écotoxique. Le système offre donc une information de toxicité en continu *in situ* qui permet la détection rapide d'un problème dans l'écoulement de l'effluent.

Par rapport au bioessai de laboratoire, le biomonitoring offre l'avantage d'une information en continu et en temps réel dans des conditions environnementales plus complexes, et donc plus proches de la réalité, qui déterminent la survie, la croissance et la reproduction des organismes. Les effets de toxicité ou d'une modification de l'environnement peuvent donc être vraisemblablement évalués avec plus de certitude. Malheureusement, les organismes et les méthodes techniques éprouvées qui peuvent se prêter à ce type d'évaluation sont pratiquement inexistantes. De plus, les coûts du biomonitoring sont encore trop élevés (dépassent la centaine de milliers de dollars) pour que celui-ci puisse être considéré dans un contexte de contrôle à coûts réduits des effluents industriels.

Malgré leurs lacunes donc, les caractéristiques des bioessais (simples, pratiques, diversifiés, standardisés et peu coûteux) pèsent lourdement dans la balance en faveur de leur utilisation; laquelle est d'ailleurs de plus en plus fréquente à l'échelle nationale et internationale (4). D'autre part, la recherche sur la standardisation de bioessais existants et sur le développement de nouveaux bioessais se poursuit à un rythme croissant et possède plusieurs décennies d'avance sur celle du biomonitoring.

1.3 Contrôle biologique ou physico-chimique?

Seuls les organismes nous informent sur la toxicité d'une substance ou d'un mélange de substances (5) et la mesure des effets toxiques englobe l'ensemble des polluants et des substances chimiques - lorsqu'aucune toxicité n'est détectée, on peut présumer que l'ensemble des polluants rejetés est en concentration inférieure à celle entraînant des effets négatifs pour les organismes exposés à ces substances. Par rapport à la caractérisation chimique, l'analyse biologique (bioessais ou monitoring biologique) constitue donc l'outil incontournable pour évaluer la toxicité. En contre-partie, l'analyse physico-chimique nous renseigne sur la quantité et la nature des éléments potentiellement responsables des effets écotoxiques observés; bien que les liens de cause à effet ne soient pas nécessairement faciles à établir, notamment dans le cas d'un effluent industriel où des dizaines de substances interagissent entre elles. Ces interactions de synergie, d'additivité ou d'antagonisme qui déterminent le caractère plus ou moins toxique et la biodisponibilité des substances pour les organismes, ne peuvent être considérées dans l'analyse substance par substance. C'est probablement plus dans sa relation avec les procédés industriels que la caractérisation chimique devient essentielle; la nature et la concentration des substances étant directement liée à ceux-ci.

Chacune des deux approches, biologique et physico-chimique, possèdent des avantages et des inconvénients. Elles sont donc complémentaires et devraient être utilisées conjointement dans le contrôle des effluents mais selon un modèle conceptuel révisé et approprié au type d'industrie.

2.0 Le contrôle physico-chimique dans le contexte d'une nouvelle approche

Le concept repose principalement sur l'analyse en continu *in situ* de quelques paramètres physico-chimiques d'importance (e.g. pH, température, conductivité, oxygène dissous, turbidité, débit). Il s'agit essentiellement de déterminer dans quelle mesure les variations de ces paramètres peuvent être reliées à des conditions anormales d'opération pouvant entraîner une toxicité de l'effluent. L'information sur la qualité de l'effluent pourrait donc: (i) être obtenue en tout temps et en temps réel, (ii) permettre la détection d'un problème (par exemple au niveau d'un procédé), et (iii) permettre également d'apporter les correctifs ou les ajustements nécessaires dans un bref délai. Le développement de cette approche implique les étapes suivantes:

- 1) sélection des paramètres physico-chimiques pour le contrôle en continu *in situ*;
- 2) étude des variations temporelles de chaque paramètre retenu;

- 3) étude des relations entre les paramètres retenus et la toxicité;
- 4) étude des relations entre les paramètres retenus et les procédés industriels;
- 5) conception d'un système de détection et d'analyse de la toxicité avec boucle de rétroaction pour une intervention rapide dans les opérations industrielles.

2.1 Sélection des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques pour le contrôle en continu *in situ* peuvent être sélectionnés à partir des critères suivants:

- a) le paramètre peut être mesuré en continu *in situ* (appareil de terrain disponible et éprouvé);
- b) le paramètre influence (ou est influencé par) un certain nombre d'autres paramètres normalement mesurés lors de la caractérisation physico-chimique;
- c) le paramètre doit être relié à un procédé industriel, c'est-à-dire varie en fonction d'une variation de l'opération du procédé;
- d) le paramètre doit être lié à un effet toxique (une variation du paramètre entraînant une variation de la réponse toxique);
- e) la mesure du paramètre est peu coûteuse.

Parmi les paramètres listés dans le Standard Methods de l'APHA/AWWA/WPCF (6), très peu répondent à l'ensemble des critères énumérés ci-dessus. La température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous et la turbidité appartiennent à cette catégorie. Outre ces paramètres, le débit devrait aussi être considéré dans la sélection. En effet, les variations des opérations de l'industrie influencent le débit, lequel en retour agit sur la concentration des substances chimiques en solution et ultimement sur la réponse toxique des organismes. Parmi les paramètres mentionnés, trois sont détaillés ci-après pour appuyer le principe des critères de sélection.

2.11 La température

Ce paramètre est communément mesuré en écotoxicologie et en écologie des eaux douces. Il peut être mesuré en continu *in situ* à l'aide d'appareils de terrain simples et peu coûteux (la sonde de température est généralement intégrée aux appareils tels le pH-mètre ou l'oxymètre ou aux appareils à sondes multiples du type "Hydrolab"). La température n'est pas à proprement parler un paramètre de toxicité, mais elle influence considérablement un certain nombre de paramètres (e.g. oxygène dissous, pH, alcalinité, conductivité) et de réactions chimiques susceptibles de modifier le potentiel toxique des substances organiques et inorganiques en solution. C'est aussi, d'un point

de vue écologique, un paramètre important pour la survie, la croissance et la reproduction des organismes aquatiques; notamment pour les ectothermes (e.g. invertébrés, poissons) ayant une gamme étroite de tolérance (sténothermes) et par conséquent très susceptibles aux chocs thermiques (7). Les valeurs de température dans les effluents industriels exèdent fréquemment les 30 °C et présentent des fluctuations importantes (> 10 °C en 24 heures) associées aux opérations de génération de vapeur, de refroidissement des produits ou au transfert de chaleur.

2.12 Le pH

C'est aussi un paramètre communément mesuré en écotoxicologie et en écologie des eaux douces. A une température donnée, il indique l'intensité du caractère acide ou basique d'une solution. Il peut être mesuré en continu *in situ* et l'appareillage de terrain, peu coûteux, existe depuis plusieurs années. Le pH est influencé principalement par la température, mais influence en retour un grand nombre de substances chimiques (nutriments et contaminants) en modifiant leur structure ionique, leur capacité d'adsorption ou de précipitation, et ultimement la biodisponibilité et/ou la toxicité des substances pour les organismes. Ainsi par exemple, à faible pH (4,0 - 4,5) la concentration des ions Al^{3+} , Mn^{2+} et Fe^{3+} augmente considérablement et ces éléments

deviennent extrêmement toxiques, notamment pour les végétaux (7). Bien que les limites de tolérance au pH varient d'une espèce à l'autre, peu d'organismes sont capables de croître et de se reproduire en dessous de 4,5 et au dessus de 9,0. Plus particulièrement, l'acidité entraîne des effets directs de toxicité en altérant les processus d'osmorégulation, l'activité enzymatique ou les échanges gazeux à travers les surfaces respiratoires, et indirects en augmentant les concentrations de métaux lourds ou en diminuant la qualité et la diversité des ressources disponibles pour les organismes.

Dans les industries ayant un traitement secondaire optimal avant le rejet des eaux usées, le pH de l'émissaire final se situe dans une gamme de valeurs comprises entre 6,0 et 9,0 (autour de l'une ou l'autre de ces valeurs selon le type d'usine), varie peu généralement (< 1 unité), et les variations supérieures à 1 unité sont peu fréquentes et de courte durée. Certaines usines montrent cependant, des variations occasionnelles brusques et importantes (> 2 unités) et le pH se maintient à des valeurs fortement basiques (9,0 - 10,0) ou acides (4,0 - 5,5) pour plusieurs heures consécutives indiquant une modification dans les procédés ou les opérations (voir données des industries du PASL en annexe). De nombreux procédés industriels déterminent les variations de pH (e.g. processus de raffinage dans l'industrie de la pétrochimie, grillage et séchage du

charbon dans l'industrie du minéral, préparation du bois, lavage et blanchiment dans l'industrie des pâtes et papiers) et diverses phases du traitement des eaux avant rejet sont dépendantes du pH (e.g. neutralisation acide-base, adoucissement, précipitation, coagulation, désinfection, contrôle de la corrosion).

2.13 La conductivité

A l'instar du pH et de la température, la conductivité est un paramètre communément mesuré en écotoxicologie et en écologie des eaux douces, dont l'appareillage de terrain est peu coûteux, éprouvé et permettant la mesure en continu. C'est un paramètre influencé par la concentration en ions et par la température et qui détermine en bonne partie la productivité des écosystèmes aquatiques. Paramètre synthèse ou englobant indicateur des substances inorganiques, la conductivité peut refléter les variations d'ions métalliques, dont plusieurs ont des propriétés hautement toxiques (e.g. Al, Zn, Cu, Pb, Hg), et les variations d'ions qui déterminent la dureté des eaux (principalement Ca et Mg) laquelle en retour influence la toxicité des ions métalliques. A ce titre, la conductivité devient un paramètre important pour la détection de la toxicité.

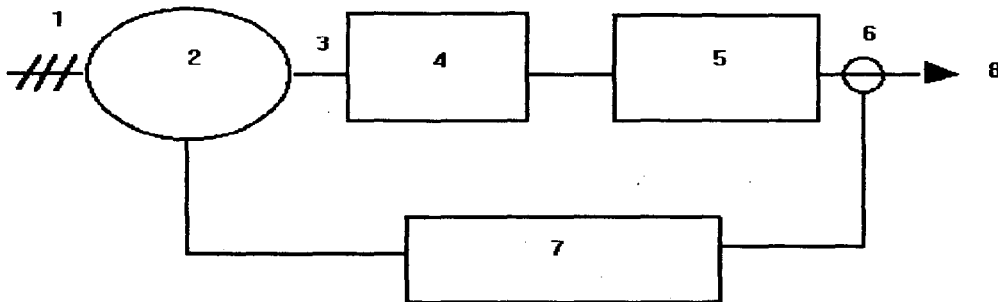
Les variations de conductivité sont associées à des procédés spécifiques à chaque type d'industrie. Ainsi, les opérations de grillage du minéral, de lixiviation et d'électrolyse dans l'industrie du minéral et de la chimie inorganique, ou les opérations de réduction du bois en pâte, de lavage et de blanchiment de la pâte dans l'industrie des pâtes et papiers, influencent la conductivité des eaux de rejets. Les variations significatives de ce paramètre dans l'effluent peuvent donc être déterminées à la source, c'est-à-dire au niveau du procédé.

Ces exemples détaillés expliquent la pertinence des paramètres qui peuvent être retenus et justifient leur utilisation dans un contexte de contrôle chimico-biologique. L'information qui en découle doit maintenant être intégrée dans le processus de contrôle impliquant la détection de la toxicité, l'analyse biologique et l'action au niveau des opérations pour corriger une situation hors de la normalité.

2.2 Le système de détection et d'analyse de la toxicité

Le contrôle continu de la qualité d'un effluent peut s'effectuer selon le principe d'un circuit en boucle fermée à rétroaction négative (Figure 1).

Figure 1. Schéma du système de contrôle à rétroaction négative pour la détection et l'analyse des conditions critiques de toxicité.



- 1) Référence (écoulement normal)
- 2) Compérateur (système d'analyse)
- 3) Signal de commande
- 4) Actuateur (e.g. unité de production)
- 5) Sous-système contrôlé (e.g. procédé)
- 6) Élément de détection (sonde multiparamètres)
- 7) Système de transmission de la sonde au compérateur
- 8) Output (effluent)

L'output (ici l'effluent sous contrôle) est analysé en continu à l'aide d'un élément de détection (sonde multiple ou sondes spécifiques à chaque paramètre). L'information est véhiculée via un système de transmission au comparateur (élément qui procède continuellement à la comparaison entre la référence et l'output). La référence constitue l'écoulement "normal", c'est-à-dire non-toxique, de l'effluent et l'output est égal à la référence dans ces conditions. Lorsque l'output s'écarte de la référence, l'ajustement est subordonné à un signal de commande provenant du comparateur lequel a pour fonction de comparer la qualité de l'effluent à la référence et d'émettre un signal lorsque les conditions d'écoulement s'éloignent de la normale.

Ce modèle suppose que la référence a été établie préalablement. En quoi consiste cette référence et comment peut-on la déterminer?

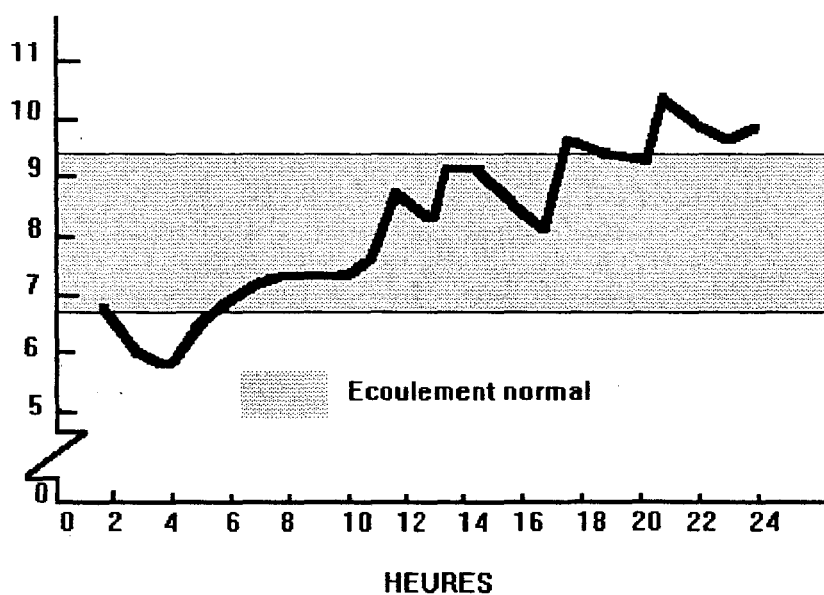
Il peut s'agir pour chaque paramètre considéré dans le processus de contrôle, d'une gamme de valeurs à l'intérieur de laquelle l'effluent n'est pas toxique. Cette gamme de valeurs pourrait être fixée dans un premier temps, par exemple, par les bornes inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance ou de l'écart-type autour de la moyenne d'un nombre de données obtenues sur 24 heures ou sur plusieurs jours.

L'absence de toxicité devrait alors être validée expérimentalement par les bioessais et l'amplitude de la référence pourrait être augmentée ou réduite selon les résultats obtenus. Cette référence sera aussi vraisemblablement de nature relative puisque plusieurs paramètres sont considérés simultanément. L'intervalle des valeurs constituant la référence d'un paramètre devra probablement être ajusté en fonction de la référence de chacun des paramètres.

Ce point de départ établi, la surveillance en continu peut être mise en marche. Tant et aussi longtemps que l'écoulement est normal, les valeurs de chaque paramètre se situent dans la gamme de référence respective de chacun. Le contrôle est alors réduit à sa plus simple expression (analyse de quelques paramètres physico-chimiques seulement) et les coûts du contrôle devraient être assez faibles. Le problème à résoudre survient lorsque les valeurs de l'un et/ou l'autre des paramètres s'écartent de la référence. Trois facteurs doivent être considérés dans ces cas-là: 1) l'amplitude du dépassement de la borne inférieure ou supérieure constituant la gamme des valeurs de la référence, 2) la fréquence du dépassement dans une période de temps donné (e.g. 24 heures), et 3) la durée de ce dépassement au cours de la période de temps donnée.

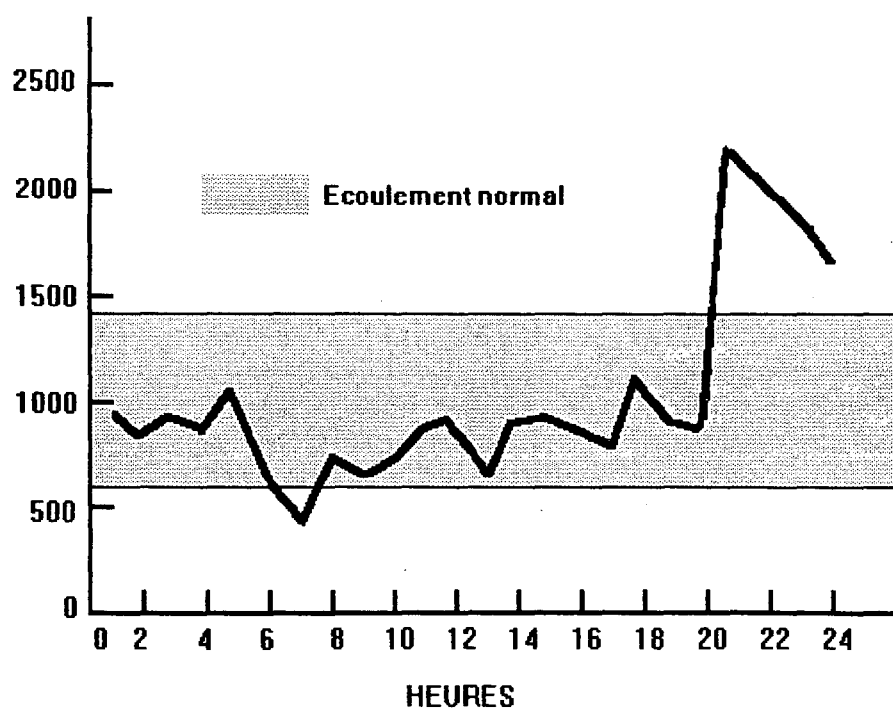
Les Figures 2 et 3 illustrent cette situation avec des données réelles provenant d'industries du PASL (voir annexes). L'écoulement normal (la référence) pour le pH (Figure 2) et la conductivité (Figure 3) a été établi à partir de l'écart-type autour de la moyenne des données analysées sur 24 heures ($n = 24$). La moyenne géométrique a été calculée pour le pH et la moyenne arithmétique pour la conductivité. La Figure 2 montre les variations du pH au cours de cette période.

Figure 2. Exemple type des variations du pH de l'effluent d'une industrie du secteur inorganique.



Le pH dépasse les bornes inférieure et supérieure de la référence d'environ une unité.
La fréquence de dépassement de la référence est de 3 (nombre de fois que la référence est dépassée dans un sens ou dans l'autre). La durée totale du dépassement est d'environ 9 heures sur une période de 24 heures.

Figure 3. Exemple type des variations de la conductivité de l'effluent d'une industrie du secteur de la pétrochimie.



La Figure 3. montre les variations de la conductivité au cours de cette période. La conductivité dépasse la borne inférieure de la référence d'environ 150 mS cm^{-1} et la borne supérieure d'environ 700 mS cm^{-1} . La fréquence de dépassement est de 2 pour une durée totale d'environ 6 heures.

L'amplitude, la fréquence et la durée de dépassement dans un sens et/ou dans l'autre sont-elles significatives? en d'autres termes, l'effluent a-t-il été toxique cette journée-là?

La réponse à ces questions peut être obtenue à partir d'une analyse du risque pour les organismes des bioessais. L'évaluation du risque présume qu'il existe une échelle continue du risque. Si le endpoint de décision est dichotomique (mortalité ou survie de l'organisme du test biologique), l'échelle de probabilité varie de 0 à 1. Si le endpoint est gradué (nombre de morts, pourcentage d'inhibition de croissance ou de reproduction), il existe une échelle de magnitude d'effets et une échelle de probabilité correspondante.

L'évaluation du risque implique non seulement une décision basée sur des modèles mathématiques et statistiques formels (e.g. estimation de probabilités) mais aussi une décision balancée quant aux coûts impliqués dans une correction ou une modification des procédés par rapport aux coûts en termes de danger pour l'environnement.

CONCLUSION

L'approche de détection et d'analyse de la toxicité exposée dans ce document constitue une alternative mieux appropriée au contrôle de la qualité des effluents d'industries performantes en matière d'environnement. Par rapport au contrôle actuel, elle offre une information continue *in situ* en temps réel à partir d'un ensemble de paramètres physico-chimiques simples à mesurer, peu coûteux et pouvant être reliés à des procédés industriels et à des conditions critiques de toxicité. L'approche offre également un potentiel intéressant pour un temps de réaction rapide lorsque la qualité de l'effluent s'éloigne des conditions normales non-toxiques. A cet égard, l'analyse de risque incorporée au système d'analyse des conditions de toxicité, constitue un élément-clé de l'approche.

Dans l'ensemble, il s'agit d'une voie prometteuse pour un contrôle efficace et à coûts réduits qui devrait intéresser les industries visées par cette approche et les gouvernements impliqués dans le processus de contrôle des rejets liquides industriels. Avant d'être opérationnelle, l'approche implique cependant diverses étapes de recherche et de démonstration, notamment quant aux paramètres physico-chimiques qui seront retenus, aux valeurs de référence de ces paramètres, aux relations avec les

procédés et la toxicité, ainsi qu'à la modélisation mathématique et statistique dans l'analyse de risque. Ces étapes fondamentales peuvent être réalisées dans un délai raisonnable sur le plan scientifique (1 - 2 ans) grâce à la participation d'experts dans les domaines de l'écotoxicologie, de l'informatique et de l'électronique, et de la modélisation mathématique, avec une participation financière acceptable de la part des partenaires potentiels (industries, gouvernements, firmes privées).

RÉFÉRENCES

- (1) Costan, G., N. Bermingham, C. Blaise and J.F. Férard. 1993. Potential ecotoxic effects probe (PEEP): A novel index to assess and compare the toxic potential of industrial effluents. *Environ. Toxicol. Water Qual.* 8: 115-140.
- (2) Environment Canada. 1992. Chimiotox. Results of a chemo-toxic evaluation of the industrial plants targeted under the St Lawrence Action Plan. Equipe d'intervention St-Laurent, Technical Services, 16 pp.
- (3)
- (4) Blaise, C. 1991. Microbiotests in aquatic ecotoxicology: Characteristics, utility, and prospects. *Environ. Toxicol. Water Qual.* 6: 145-155.
- (5) Cairns, J. Jr. and J.R. Pratt. 1989. The scientific basis of bioassays. *Hydrobiologia* 188/189: 5-20.
- (6) APHA (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association, and WPCF (Water Pollution Control Federation). 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed., M.A.H. Franson (ed.), Washington DC, 1268 pp.

- (7) Hellawell. J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publ., London, 546 pp.

ANNEXE 1

Données de pH

MONSANTO CANADA INC.

26 février 1992

Emissaire principal

Données de conductivité

PETRO-CANADA

11 novembre 1989

Effluent de la lagune

Mesures du ph et de la température en continu
MONSANTO CANADA INC.
Point 1, Emissaire principal au collecteur St-Patrick

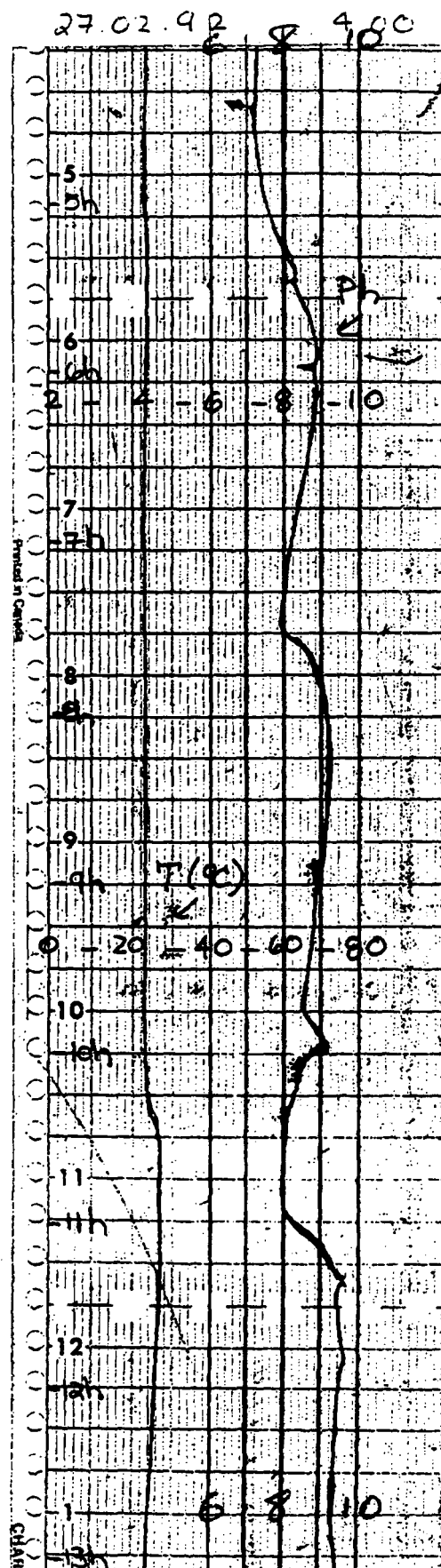
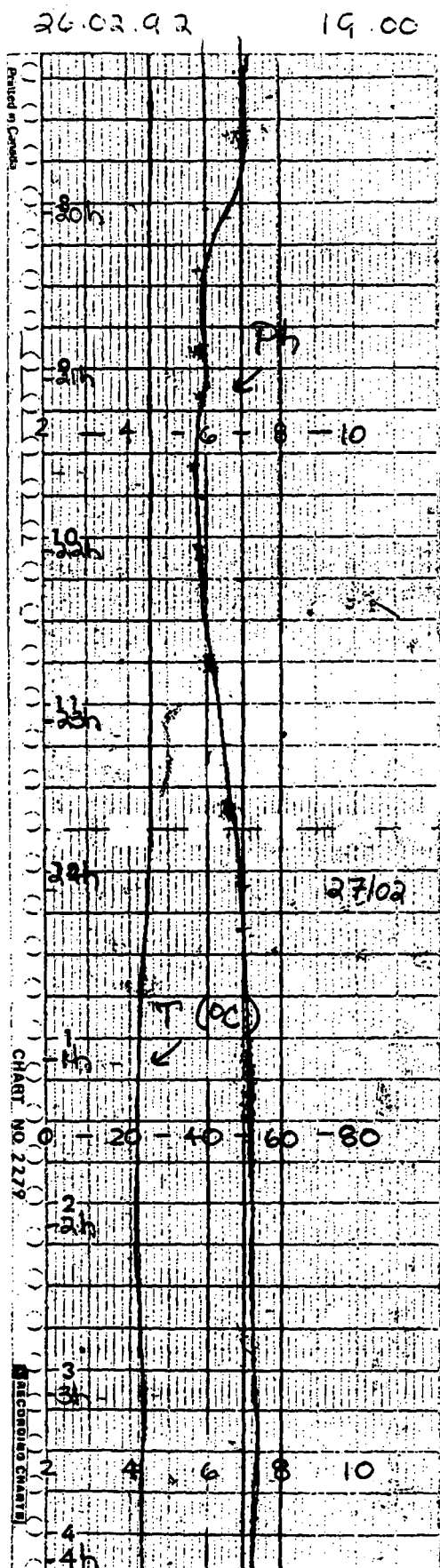


TABLEAU 7.14

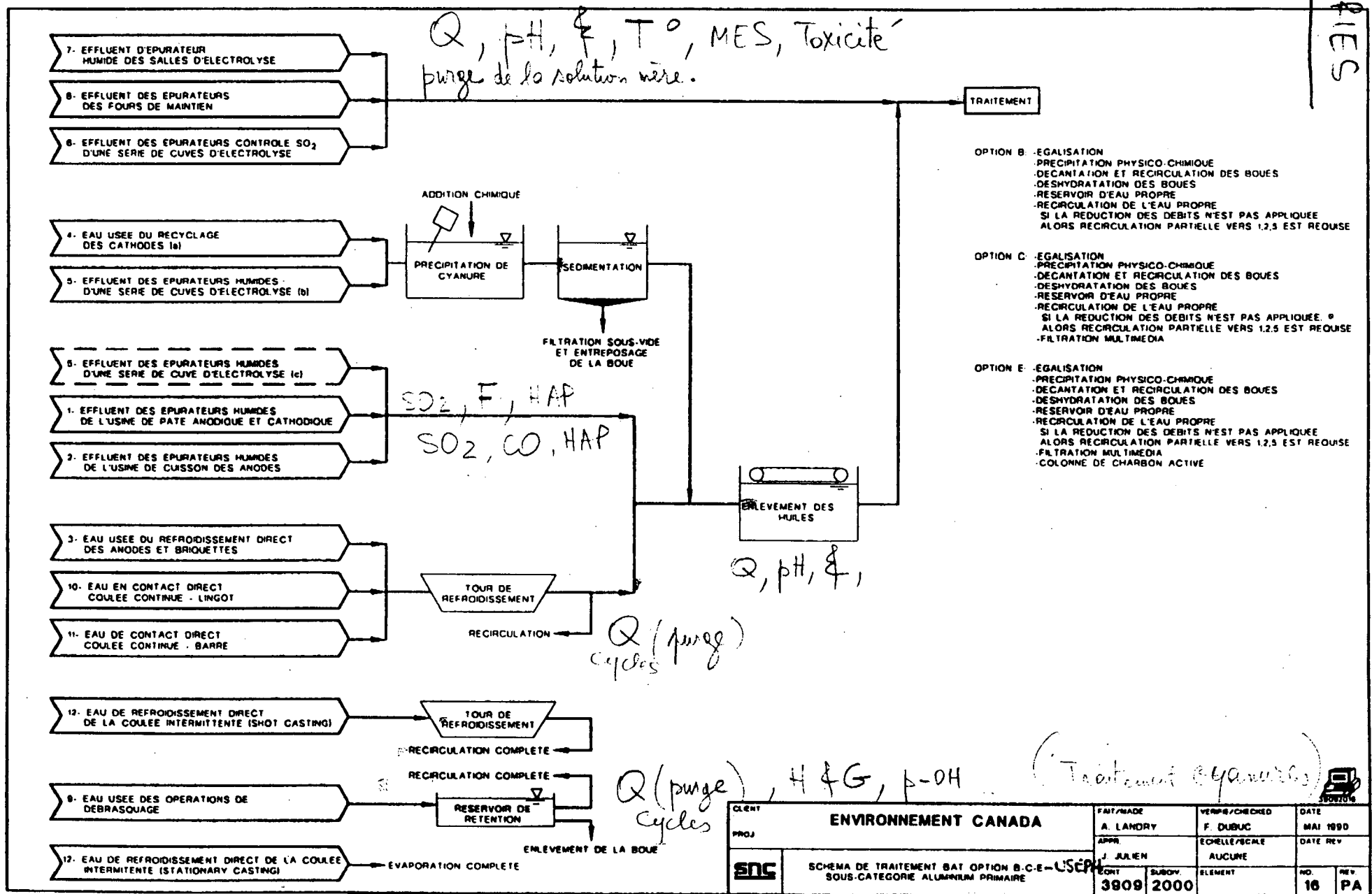
LECTURE DU CONDUCTIVIMETRE PETRO-CANADA POINT 1.1-Effluent de la lagune				
HEURES	9 Novembre	10 Novembre	11 Novembre	12 Novembre
0:00		789	1140	1590
1:00		883	980	1743
2:00		763	820	1310
3:00		791	980	1580
4:00		951	965	1493
5:00		824	1100	1436
6:00		735	600	
7:00	975	700	475	
8:00	930	916	680	
9:00	910	921	590	
10:00	885	926	670	
11:00	868	917	820	
12:00	840	1150	890	
13:00	725	988	630	
14:00	851	970	875	
15:00	840	650	940	
16:00	920	1020	875	
17:00	940	1010	750	
18:00	860	950	1100	
19:00	895	1230	980	
20:00	830	1300	940	
21:00	540	990	2100	
22:00	1007	840	1975	
23:00	821	1050	1832	

ANNEXE 2

Influence des procédés sur les variations de divers paramètres physico-chimiques

ALUMINERIES

ALUMINERIES



RAFFINERIES DE PÉTROLE

3.2.1. Sources of Wastewater

The major uses of water in petroleum refineries are associated with steam generation and heat transfer. The volume of water coming into direct contact with refining process streams is small relative to volumes resulting from indirect cooling and heat transfer. There are numerous processes in a refinery which condense steam and in which cooling water comes in contact with petroleum and/or petroleum products. Wastewater generation sources from various refining processes are summarized in Table 3.

Table 3. Wastewater Sources from Various Refining Processes.

Process	Wastewater Sources
desalting	water washing . (Salt, MES)
atmospheric distillation	condensed stripping steam from overhead accumulator .
vacuum distillation	jet ejectors, barometric condensers .
catalytic reforming	condensed stripping steam from overhead accumulator . p-OH
catalytic cracking	overhead accumulators and steam strippers on the fractionator, catalyst regeneration p-OH, PCDD/PCDF
hydrocracking	high and low pressure separators, accumulator on fractionator
alkylation	Overhead accumulator on fractionation tower, caustic washer (sulphuric acid alkylation process)
isomerization	caustic washer .
hydrotreating	overhead accumulator on fractionator
coking	contact process water and steam overhead accumulators .
asphalt production	steam jet ejectors, condensers PAH, S, NH ₃

Source: U.S. EPA, 1985.⁹

pH
Débit
Conductivité
To

TOC

pH, p-OH, To, Q, S,

Q, S, NH₃

To, pH
Toxicité

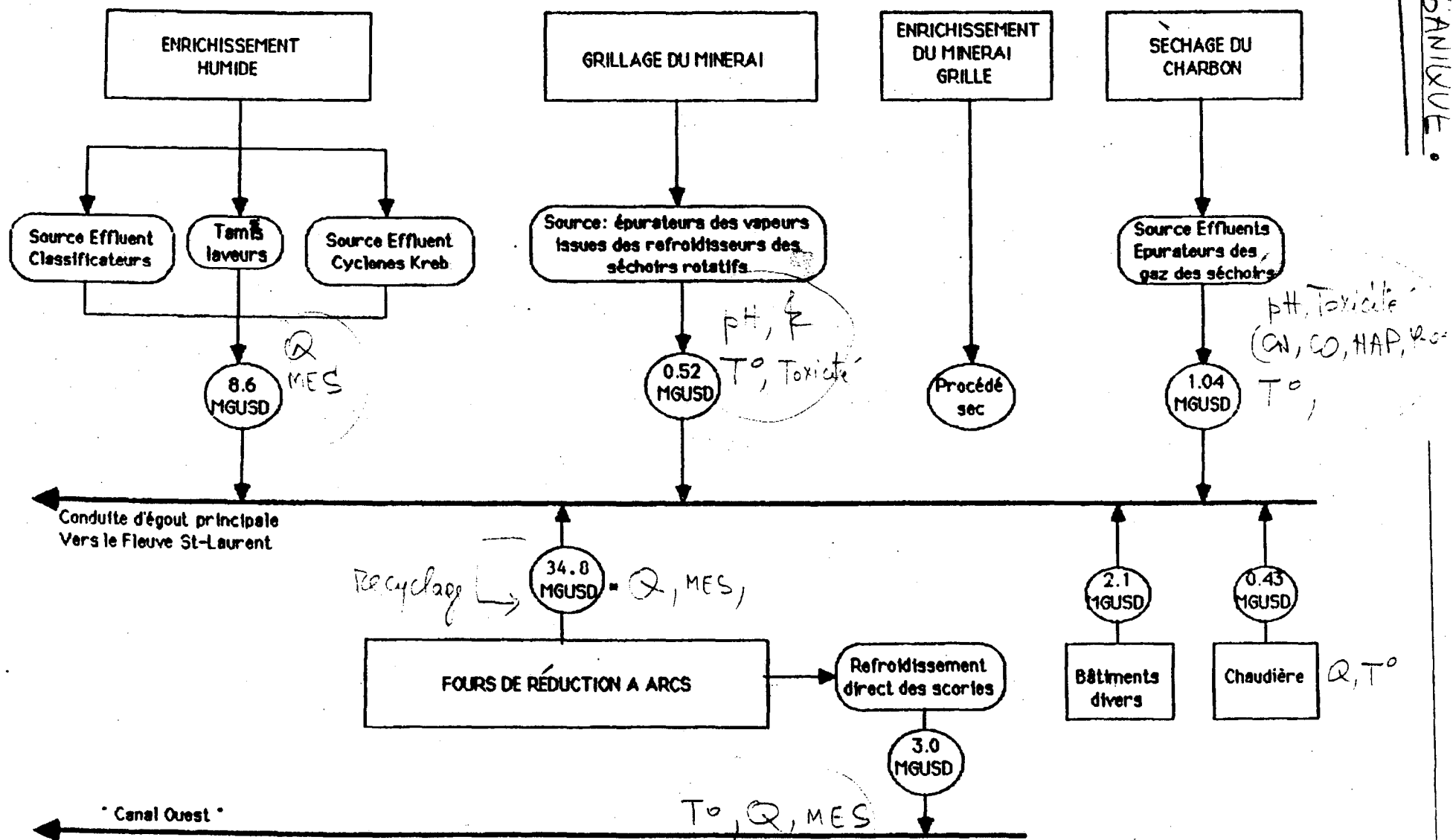
To, p-OH
pH

pH, Q,
To

pH, Q,

pH, Toxic

FIGURE 2
SCHEMA SIMPLIFIE DU BILAN DES EAUX DE PROCEDE



P & P

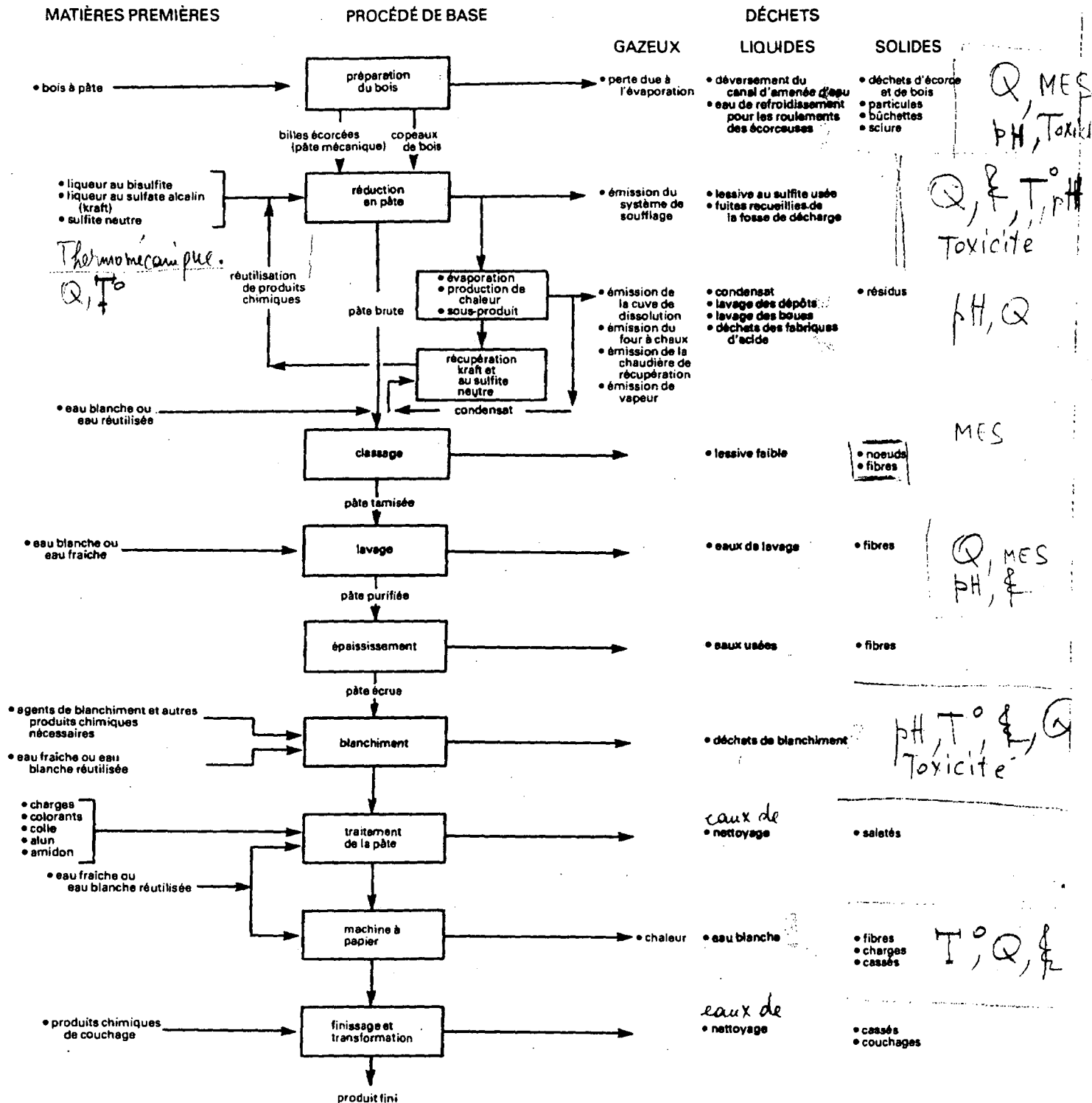


Figure 4-1. Schéma des procédés de base de fabrication des pâtes et papiers.