

IV. JORNADAS TÉCNICAS DA APRH

2º ENCONTRO NACIONAL DOS DISTRIBUIDORES DE ÁGUA

QUALIDADE E TRATAMENTO DA ÁGUA

INFLUENCE ET DEVENIR DES COMPOSES ORGANIQUES DANS  
LES CHAINES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE

A. BRUCHET, C. ANSELME, J. MALLEVIALLE  
Centre de Recherche Lyonnaise des Eaux

## BIBLIOGRAFIA

1. AKIN, E.W.; JAKUBOWSKI, W. - 1986 - Drinking water transmission of Giardiasis in the United States. "Water Scs. Tech." 18(10): 219-226.
2. BELLAMY, M.D. et al. - 1985 - Removing *Giardia* cysts with slow sand filtration. "J.A.W.W. Association", 77 (2): 52-60.
3. BELLAMY, W.D.; HENDRICKS, D.W.; LOGSDON, G.S. - 1985 - Slow sand filtration influences of selected process variables. "J.A.W.W. Association", 77(12): 62-66.
4. BRAIDECH, T.E.; KARLIN, R.J. - 1985 - Causes of a water borne giardiasis outbreak. "J.A.W.W.Association", 77 (2): 48-51.
5. CRAUN, G.F.; JAKUBOWSKI, W. - 1986 - Status of water borne giardiasis out breaks and monitoring methods. in Proc. Symp. on Water Related Health Issues, AWRA.
6. FERREIRA, J.G. - 1987 - Comunicação pessoal.
7. FRADE, M. - 1987 - Comunicação Pessoal.
8. HEAS, C.N. et al. - 1985 - Removal of new indicators by coagulation and filtration. "J.A.W.W.Association", 77(2): 67-71.
9. JAKUBOWSKI, W. HOFF, J.C. - 1979 - Water borne transmission of *Giardia* USEPA 600/9-79-001. Cincinnati, Ohio.
10. LANGE, K.P. et al. - 1986 - Diatomaceous earth filtration of *Giardia* cysts and other substances. "J.A.W.W. Association", 78(1): 76-84.
11. LEVINE, N.D. - 1979 - *Giardia lamblia* Classification structure, Identification in Waterborne Transmission of Giardiasis EPA-600/7-79-001.
12. LIN, S.D. - 1985 - *Giardia lamblia* and water supply. "J.A.W.W. Association", 72(2). 40-47.

13. LOBO, M.A. - 1987 - Qualidade da água de consumo da Região Autónoma dos Açores. "Rev.C.Est.Nutrição", 11(1): 38-45.
14. LOGSDON, G.S. et al. - 1981 - Alternative filtration methods for removal of *Giardia* cysts and cysts models. "J.A.W.W.Association", 73(2): 111-118.
15. LOGSDON, G.S. et al - 1985 - Evaluation sedimentation and various filter media for removal of *Giardia* cysts. "J.A.W.W.Association" 77(2). 61-66.
16. MARQUÉZ, L.T. - 1987 - Informação pessoal.
17. MOFFET, H.L. - 1980 - Clinical Microbiology (2nd Ed.). Philadelphia, J.B. Lippincott Co.
18. OLIVEIRA, J.S. - 1986 - Tecnologias de baixo custo energético na defesa do meio ambiente. Mte da Caparica, FCT.
19. PINHÃO, R. - 1987 - Comunicação pessoal.
20. WICKRAMANAYAKE, G.B.; RUBIN, A.J.; SPROUL, O.J. - 1985 - Effects of ozone and storage temperature on *Giardia* cysts. "J.A.W.W.Association", 77 (8): 74-77.

## INTRODUCTION

Depuis la découverte des THM dans les eaux chlorées (Rook, 1974), l'étude des matières organiques (M.O.) de l'eau suscite un intérêt sans cesse croissant qui tient à plusieurs facteurs : ces composés peuvent être toxiques, à court ou à long terme, soit directement soit indirectement après réaction avec les oxydants et désinfectants dont l'utilisation apparaît par ailleurs inéluctable. En outre ils sont largement responsables de la dégradation des paramètres organoleptiques, et enfin ils sont à l'origine de phénomènes de reviviscence bactérienne dans les réseaux de distribution.

L'amélioration des procédés physico-chimiques classiques ou la mise au point de nouveaux systèmes sous-entendent une plus grande connaissance de la nature et des comportements des M.O. traversant ces filières de traitement. Cependant, leur analyse se heurte généralement à de nombreux facteurs comme leurs polarité, volatilité, masse moléculaire ou stabilité thermique qui conditionnent leur extraction ou séparation par des méthodes chromatographiques.

La figure 1 présente une classification des composés qui sont susceptibles d'être présents dans l'eau potable. Certaines des catégories mentionnées dans ce diagramme sont généralement ignorées ou faiblement prises en compte par les procédures analytiques usuelles, comme les non volatiles ou les volatiles polaires et moyennement polaires.

Les composés volatiles et semi-volatiles apolaires qui se trouvent en général dans les eaux naturelles à des concentrations de l'ordre du nanogramme ou microgramme par litre, sont relativement faciles à analyser par les méthodes de chromatographie en phase gazeuse ou liquide ; parce qu'ils comprennent de nombreuses substances indésirables comme les solvants chlorés, les pesticides, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les trihalométhanes, les composés responsables de goûts et d'odeurs, etc... L'élimination de ces derniers par des procédés classiques (ozone, charbon...) a donc fait l'objet de nombreuses études. Par contre, les composés de haut poids molaire qui sont présents à des concentrations voisines du milligramme par litre et constituent donc la majeure partie du carbone dissous n'ont été que peu étudiés car ils sont difficiles à caractériser autrement que par des paramètres globaux du type carbone organique total (COT). Ces matières organiques non volatiles, qui sont souvent assimilées d'une manière un peu abusive à des "substances humiques", interfèrent lors de la plupart des étapes de traitement en provoquant par exemple l'apparition de trihalométhanes et d'autres sous produits comme la chloropicrine (Duguet, 1984) dans les eaux chlorées, ou en entrant en compétition pour les sites d'adsorption lors de la filtration sur charbon actif en grain... L'introduction récente de la technique de pyrolyse/chromatographie gaz/spectrométrie de masse (Bruchet, 1985) a permis cependant de réaliser des progrès considérables dans la caractérisation de ces composés de haut poids molaire.

Le but du présent article est d'étudier l'élimination et les Transformations des composés organiques volatiles et non volatiles lors de la mise en oeuvre de traitements classiques (ozonation, chloration, adsorption sur charbon actif) et de souligner les répercussions éventuelles sur la qualité de l'eau.

## MATERIELS ET METHODES

Les méthodes utilisées pour cette étude (pyrolyse -CG-SM, distillation-extraction simultanée, stripping en boucle fermée) ont été décrites par ailleurs (Bruchet, 1985 ; Anselme, 1987).

## PROBLEMES LIES A LA PRESENCE DES MATIERES ORGANIQUES AU COURS DES TRAITEMENTS

Le tableau n° I donne un aperçu des problèmes directs ou indirects liés à la présence des différents types de macromolécules qui composent l'essentiel du carbone organique des eaux potables ou en cours de traitement. De par leur biodégradabilité, les protéines favorisent la multiplication bactérienne dans les réseaux de distribution. Après chloration, elles sont responsables de l'apparition de chloramines organiques et à un degré moindre, d'aldéhydes et de THM's. Elles contribuent de même à l'augmentation du chlore organique total (TOX) des eaux chlorées. On note encore que les protéines ou peptides conduisent à la formation d'aldéhydes après ozonation, participent à des phénomènes de séquestration de métaux et exercent enfin un certain pouvoir compétitif vis-à-vis des micropolluants ou microorganismes lors de la mise en oeuvre de procédés d'adsorption ou d'oxydation.

les composés polyhydroxyaromatiques qui entrent dans la composition des acides humiques et fulviques, se révèlent être les principaux précurseurs de THM's et de TOX dans le cas de la chloration mais aussi d'aldéhydes et d'acides carboxyliques dans le cas de l'ozonation. Ils montrent vis-à-vis des métaux un pouvoir complexant élevé et entraînent par ailleurs d'importants phénomènes de compétition vis-à-vis des oxydants ou des sites d'adsorption du charbon actif. On leur attribue enfin une responsabilité comparable à celle des polysaccharides quant aux épisodes de reviviscence bactérienne dans les réseaux de distribution. Outre ce dernier rôle, il semble que les polysaccharides puissent également exercer une certaine action compétitive lors de procédés d'adsorption. Les inconvénients liés aux aminosucres n'ont pas encore fait l'objet d'études détaillées sauf en ce qui concerne la chloration au cours de laquelle ils entraînent la formation de chloramines organiques, mais aussi de THM's et de TOX.

En résumé, la majorité des problèmes susceptibles d'apparaître lors des étapes de traitement (goûts, toxicité, reviviscence bactérienne) sont liés à la présence de composés polyhydroxyaromatiques ou de nature peptidique.

## EXEMPLES DE TRAITEMENT D'EAUX DE SURFACE PEU CHARGÉES

### L'usine de Morsang sur Seine

L'usine de Morsang/Seine possède deux chaînes de traitement d'eau de Seine (Figure 2). Celles-ci comprennent un début de traitement commun (préchloration) puis pour la chaîne 1, un traitement de clarification (pulsator, Degremont, France) avec une addition de charbon actif en poudre, une filtration sur sable, et une ozonation, et pour la chaîne 2, une décantation (super pulsator, Degremont, France), une filtration sur sable, une ozonation, une filtration sur charbon actif en grain, et une post chloration. Les eaux issues de ces deux chaînes sont ensuite mélangées dans un réservoir de stockage avant distribution.

## Traitements et qualités organoleptiques

Un échantillonnage a été réalisé sur toutes les unités de traitement pendant une période d'un an (Mars 84 à Mars 85). La fréquence des prélèvements était hebdomadaire pour la chaîne de Morsang 2, et bi-mensuelle pour la chaîne de Morsang 1, ce qui correspond respectivement à 50 semaines et 22 semaines de suivi pour chaque ligne de traitement. Toutes les analyses ont été réalisées le jour même du prélèvement. Les analyses sensorielles ont été effectuées par la méthode du profil de flaveur, et deux méthodes d'extraction des composés volatiles ont été utilisées : le stripping en boucle fermée (CLSA) complété pour les six derniers mois de l'étude par une technique d'extraction-distillation simultanée (SDE).

La méthode d'analyse sensorielle a été utilisée en tant qu'outil servant à contrôler le processus de traitement (Anselme et al, 1985 ; Suffet et al, 1986). Le couplage ozone/charbon actif (chaîne 2, figure 2) peut être considéré comme le traitement le plus efficace pour l'élimination des goûts et des odeurs de l'eau potable, et c'est dans le but d'en avoir une confirmation pour le long terme que l'usine de Morsang/Seine a été choisie pour cette étude.

Dans un premier temps les variations des qualités organoleptiques de l'eau sur l'usine de Morsang ont été exprimées en pourcentage ou fréquence d'apparition et en intensités moyennes sur l'ensemble des échantillons analysés et pour chaque étape de traitement.

Le tableau II donne les résultats des dégustations (odeurs et arômes) sur Morsang 2. Le tableau III donne ceux obtenus sur la chaîne de Morsang 1. Pour chaque descripteur d'arôme sont indiqués les pourcentages d'apparition et les valeurs moyennes d'intensité et ce pour chacun des stades du traitement. Ces résultats ne rendent compte que d'une tendance moyenne sur la période de l'étude mais ils permettent tout de même de mettre en évidence certaines caractéristiques particulièrement liées aux traitements d'oxydation et de désinfection (préchloration ozonation, postchloration).

Le pourcentage d'apparition des arômes et odeurs de terre et moisi augmente à partir de la préchloration. Cependant, ce phénomène n'a pas de répercussion sur la qualité de l'eau distribuée puisque le reste de la chaîne de traitement ramène ces deux descripteurs à des valeurs d'intensité faibles dans presque tous les cas :

Sur les deux lignes de traitement, les fréquences d'apparition des odeurs de vase, moisi et terre décroissent jusqu'à moins de 40 % après ozonation et filtration sur CAG (dans le cas de Morsang 2). Dans le cas des arômes de terre, moisi, et vase, cette diminution après ozonation atteint une valeur de 25 %.

Le développement d'odeurs fruitée, parfumée, orangée après ozonation est très marqué sur les deux lignes de traitement. Leurs fréquences d'apparition augmentent de 5 % à 35-40 % après ce traitement d'oxydation et décroît jusqu'à 22 % après filtration sur CAG.

Cette odeur est liée à la formation de sous-produits d'oxydation tels que les aldéhydes dans les eaux ozonées. Sur la figure 3, on a représenté l'évolution de l'intensité de l'odeur fruitée et de la concentration en aldéhydes avant et après ozonation sur une période

correspondant à la durée de l'étude (1 an). Cette odeur est présente à une intensité négligeable ou faible en hiver, augmente légèrement au printemps et en été pour atteindre des intensités moyennes en automne. Cette augmentation est fortement corrélée avec celle des concentrations en aldéhydes dans les eaux traitées.

Sur la figure 4, on constate l'excellente efficacité du couplage ozone-charbon vis-à-vis de l'élimination des arômes de terre et moisi puisque cette combinaison de traitement permet de réduire l'intensité de ces descripteurs jusqu'à des niveaux de l'ordre de 1 à 2.

En conclusion, si la combinaison ozone/charbon actif est comme on pouvait s'y attendre, le traitement le plus performant pour éliminer les goûts et les odeurs de toute nature, ce procédé est aussi responsable de la formation de composés à haut pouvoir odorant (aldéhydes, cétones, ...), dont le rôle dans le développement ultérieur de mauvais goûts dans les réseaux lors de la distribution est à prendre en considération.

### Le pilote de Vigneux sur Seine

L'eau d'alimentation du pilote est de l'eau de Seine prise en amont de Paris sur le site de production d'eau potable de Vigneux. L'eau de Seine est clarifiée sans étape de préoxydation avant d'être distribuée sur quatre chaînes de traitement fonctionnant en parallèle (figure 5). Les trois premières chaînes comportent un traitement d'ozonation à taux et temps de contact croissants. Les chaînes n° 1 et 2 comportent une filtration sur charbon suivie d'une désinfection au chlore. La chaîne n° 4 comporte un filtre à charbon sans préozonation et compare la désinfection au chlore et au bioxyde de chlore.

### Ozone et carbone organique assimilable

La figure n° 6 indique l'évolution de la teneur en carbone organique assimilable en fonction des conditions d'ozonation. On s'aperçoit que des doses d'ozone élevées (chaînes 2 et 3) augmentent de façon significative le carbone organique assimilable, ce qui tend à montrer que l'ozone provoque l'apparition de composés plus biodégradables susceptibles de favoriser une reviviscence bactérienne.

### Ozone et adsorption sur charbon actif

Les courbes représentant les quantités cumulées de COT éliminées sur un filtre en fonction des quantités cumulées de COT filtrées (figure 7) permettent également de faire une comparaison très globale des efficacités des 3 filtres à charbon actif. Compte tenu des faibles teneurs de COT à éliminer, les différences d'efficacité notées entre les trois filtres sont minimales (inférieures à 10 % après 10 mois de fonctionnement). La meilleure efficacité est obtenue pour le filtre alimenté avec de l'eau non ozonée (chaîne 4, point n° 9). Ce dernier résultat qui s'explique par une diminution de l'adsorbabilité des matières organiques ozonées consécutive à un accroissement de leur polarité, illustre bien l'influence de la nature des matières organiques vis-à-vis de procédés comme l'adsorption.

## Ozone et mutagénèse

L'évolution de la mutagénèse en fonction des conditions d'ozonation est donnée sur la figure 8. L'évolution de la qualité de l'eau au cours des divers traitements se traduit par des variations du faible niveau de mutagénèse de l'eau. Hormis pour l'eau ozonée de la chaîne 3 durant les deux premiers mois, l'ozonation diminue la mutagénèse pendant toute la durée de fonctionnement du pilote. Ce type de résultat est en général observé dans le cas d'eaux peu chargées, alors que l'ozonation d'eaux chargées aboutit souvent à une augmentation de la mutagénèse.

## Ozone et hauts poids molaires

Les différentes fractions obtenues par perméation sur gel de Séphadex ont été analysées par pyrolyse CG-SM. Avec cette dernière technique, un flash de température provoque la fragmentation thermique des composés ; les différentes macromolécules biologiques qui composent l'essentiel du carbone organique des eaux naturelles conduisent à des fragments caractéristiques (dérivés du Pyrrole et de l'Indole pour les protéines ; dérivés du Furanne, sucres anhydres et composés carbonylés pour les Polysaccharides ; Acétamide pour les aminosucres et dérivés phénoliques pour les composés polyhydroxyaromatiques). La figure n° 9 montre un exemple d'évolution de la fraction de haut poids molaire (> 5000 daltons) au cours de l'ozonation sur la chaîne n° 1 (1mg/l - 10 min.). Tous les fragments identifiés se rattachent aux catégories mentionnées plus haut, ce qui tend à montrer que la fraction de haut poids molaire est un mélange complexe de sucres, aminosucres, composés polyhydroxyaromatiques et composés peptidiques. L'effet de l'ozone sur cette fraction se traduit par une réduction importante du pic de phénol par rapport aux autres fragments de pyrolyse ; cette réduction traduit une élimination préférentielle des dérivés polyhydroxyaromatiques de la fraction de haut poids molaire. L'efficacité de l'ozone vis-à-vis de ces composés humiques s'avère bénéfique pour les traitements en aval puisqu'elle permet une réduction substantielle du potentiel de formation des haloformes.

## Désinfection et TOX

La figure n° 10 compare les chromatogrammes de gel obtenus pour l'eau filtrée sur charbon (point n° 6) et l'eau désinfectée au chlore (point n° 7) de la chaîne 2. La répartition du carbone organique dissous (COD), de l'absorption UV à 2 longueurs d'onde et du TOX a été reportée sur ces chromatogrammes. Après filtration sur charbon actif, la fraction de haut poids molaire (G1, PM > 5000 daltons) est pratiquement éliminée, et la majorité du carbone se répartit entre une fraction de poids molaire intermédiaire (G3) et une fraction de bas poids molaire (G5, PM < 1500 daltons). après désinfection au chlore, le TOX des fractions G3 et G5 augmente considérablement. Dans la mesure où le carbone organique ne varie pas lors de la chloration, ceci se traduit par une augmentation des rapports TOX/COT qui passent respectivement de 100 à 180 (exprimés en  $\mu\text{g}$  de TOX par mg de COT) pour la fraction G3 et de 170 à 260 pour la fraction G5. Le rapport TOX/COT de la fraction de haut poids molaire (G1) demeure pratiquement inchangé. Ce dernier résultat montre l'intérêt d'éliminer au mieux les précurseurs de TOX (polyhydroxyaromatiques et protéines) avant l'étape de désinfection finale si l'on veut limiter ce paramètre dans l'eau distribuée. Il est à noter que, par comparaison, l'utilisation du bioxyde de chlore (chaîne 4, point n° 11) ne provoque pas d'augmentation du TOX et

des THM's.

## CONCLUSIONS

Les exemples présentés dans cet article illustrent quelques unes des nombreuses interactions qui existent entre les principaux types de matières organiques présentes dans les eaux à potabiliser (composés polyhydroxyaromatiques, protéines, polysaccharides, aminosucres) et les procédés de traitement mis en oeuvre (coagulation, ozonation, adsorption sur charbon, désinfection). Dans l'idéal, une parfaite connaissance de la répartition des matières organiques obtenue au moyen de techniques d'analyse sophistiquées comme la pyrolyse CG-SM devrait permettre d'élaborer une stratégie de traitement capable d'éliminer au mieux les matières organiques tout en limitant les inconvénients liés à certains procédés ; par exemple si l'on veut limiter la formation de THM's ou de TOX il convient d'utiliser des combinaisons beaucoup plus sophistiquées dans le cas d'une eau riche en polyhydroxyaromatiques que dans le cas où l'eau contient essentiellement des polysaccharides. Compte tenu des variations de qualité des eaux naturelles, il apparaît également important de réaliser les études de traitabilité d'une eau donnée sans en modifier la matrice organique plutôt que de se baser sur des expériences de laboratoire utilisant des solutions d'eaux synthétiques (exemple : expériences menées sur des solutions commerciales d'acides humiques).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSELME, C.; MALLEVIALLE, J.; SUFFET, I.H. 1985. Removal of Tastes and Odors by the Ozone-Granular Activated Carbon Water Treatment Processes. 7th Ozone World Congress, Tokyo, Japan.

ANSELME, C. 1987. Etude et Caractérisation des Problèmes de Mauvais Goûts de l'Eau Potable. Thèse, Université de Paris VII.

BRUCHET, A. 1985. Applications de la Technique de Pyrolyse CG-SM à l'Etude des Matières Organiques non Volatiles des Eaux Naturelles ou en Cours de Traitement. Thèse, Université de Poitiers.

DUGUET, J.P.; TSUTSUMI, Y.; BRUCHET, A.; MALLEVIALLE, J. 1984. Chloropicrin in Potable Water : Conditions of Formation and Evolution Along Various Treatment Processes. 5th Conference on Water Chlorination : Environmental Impact and health Effects. Williamsburg, Virginia, June 3-8.

ROOK, J.J. 1974. Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Waters. Water Treatment and Examination, 23, 234-243.

SUFFET, I.H.; ANSELME, C.; MALLEVIALLE, J. 1986. Removal of Tastes and Odors by ozonation. Ozone Sem., Proc. AWWA Ann. Conf., Denver, Colo.

Tableau I : PROBLEMES POSES PAR LA PRESENCE DES MATIERES ORGANIQUES CONTENUES DANS LES EAUX

Macromolécules	Problèmes directs				Problèmes dus à la formation de sous-produits d'oxydation	
	"Séquestration" (métaux ou pesticides)	Reviviscence bactérienne	Compétition dans l'élimination des micropolluants ou des microorganismes		Chloration	Ozonation
			Procédés* d'adsorption	Procédés d'oxydation/désinfection		
Protéines	+	+++	+	+	→ Formation de THM + → Formation de TOX et de chloramines organiques +++ → formation d'aldehydes + ⊕ Problèmes de goûts et de toxicité	→ Formation d'aldehydes et d'acides + ⊕ Problèmes de goûts et d'odeurs fruités
Composés polyhydroxy-aromatiques	+++	+	++	++	→ Formations de THM et TOX +++ → Formations d'aldehydes et d'acides + ⊕ Problèmes de goûts et de toxicité	→ Formation d'aldehydes d'acides +++ ⊕ Problèmes de goûts et d'odeurs fruités → reviviscence → toxicité ?
Polysaccharides	0	+	+?	0	0	0
Aminosucres	0	?	?	?	→ Formation de THM, de TOX et de chloramines organiques ? ⊕ Problèmes de goûts et de toxicité ?	0

\* Dépend du poids moléculaire

Tableau II - Fréquence d'apparition et intensité moyenne  
des odeurs sur la chaîne de Morsang 2

DESCRIPTEUR	EAU BRUTE		EAU CHLORÉE		EAU DÉCANTEE		FILTRÉE SABLE		EAU OZONÉE		FILTRÉE CAG		EAU REFOULÉE	
	% App.	I.M.	% App.	I.M.	% App.	I.M.	% App.	I.M.	% App.	I.M.	% App.	I.M.	% App.	I.M.
TERRE	15	5,2	41	4,6	44	4,3	46	4,4	32	3,7	29	2,8	22	2,4
MOISI	46	5,8	76	5,7	88	5,1	80	5,3	34	3,8	17	2,6	2	4,0
OXYDANT	-	-	5	4,5	5	2,0	-	-	29	4,3	2	1,0	-	-
CHLORE	-	-	27	4,3	12	4,0	10	4,0	2	3,0	-	-	98	5,6
PLASTIQUE	5	4,0	5	5,0	5	5,0	2	4,0	2	2,0	-	-	-	-
VASE	83	7,0	68	5,6	63	5,3	51	5,6	12	4,2	10	3,3	2	4,0
POISSON	56	6,8	51	5,7	37	5,3	20	5,8	-	-	-	-	-	-
PHARMACIE	-	-	5	4,0	10	4,0	7	3,7	5	6,5	5	4,5	2	4,0
FRUITE	-	-	12	5,6	5	3,0	10	5,0	32	5,1	22	3,7	17	4,3
SEPTIQUE	41	8,6	10	6,5	5	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
HYDROCARBURE	12	6,0	2	5,0	2	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
PARFUME FLORAL ORANGE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3,0	2	5,0
CARAMEL	-	-	-	-	-	-	-	-	2	7,0	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5,0	2	3,0	7	4,3

I.M. = INTENSITE MOYENNE  
% APP. = % D'APPARITION



Volatilité -----&gt;

Polarité	Volatiles	Semi-volatiles	Non volatiles
Polaires	Alcools Cetones Ac. carboxyliques	Alcools Cetones Ac. carboxyliques Phenols	Polyelectrolytes Carbohydrates Acides fulviques
Semi-polaires	Ethers Esters Aldehydes	Ethers Esters Aldehydes Epoxides Heterocycliques	Proteines Carbohydrates Acides humiques
Non polaires	Hydrocarbures aromatiques et aliphatiques	Aliphatiques Aromatiques Alicycliques Arenes	Polymères non ioniques Acides humatome- laniques

Poids molaire -----&gt;

Figure 1. Classification des matières organiques trouvées dans l'eau

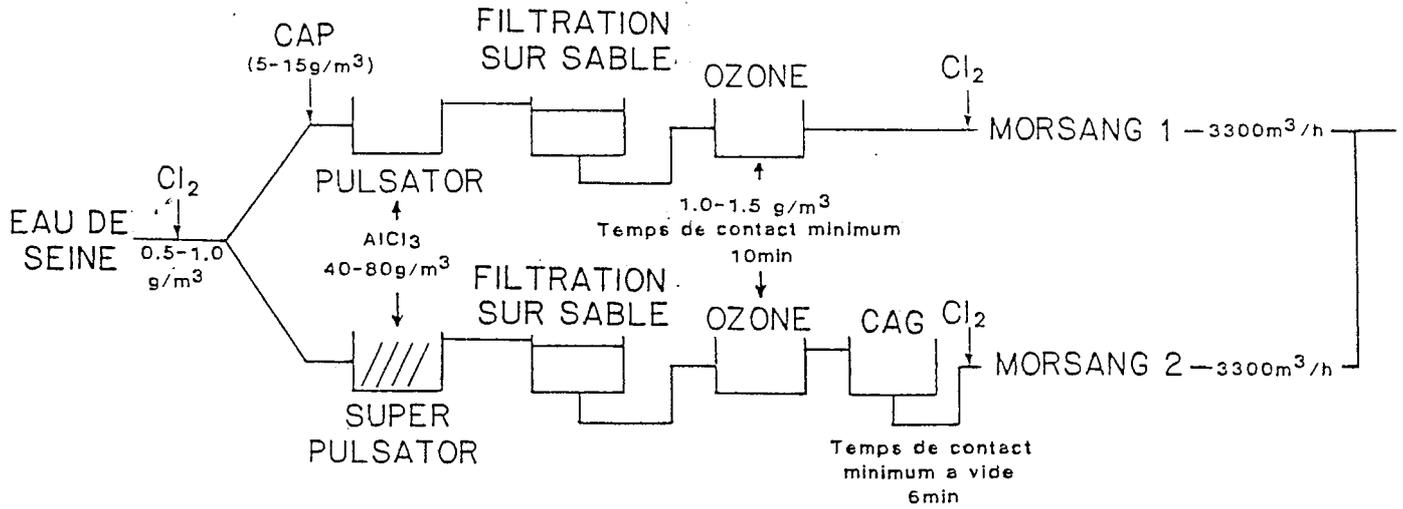


Figure 2. Représentation schématique des deux chaînes de traitement de l'usine de Morsang/Seine

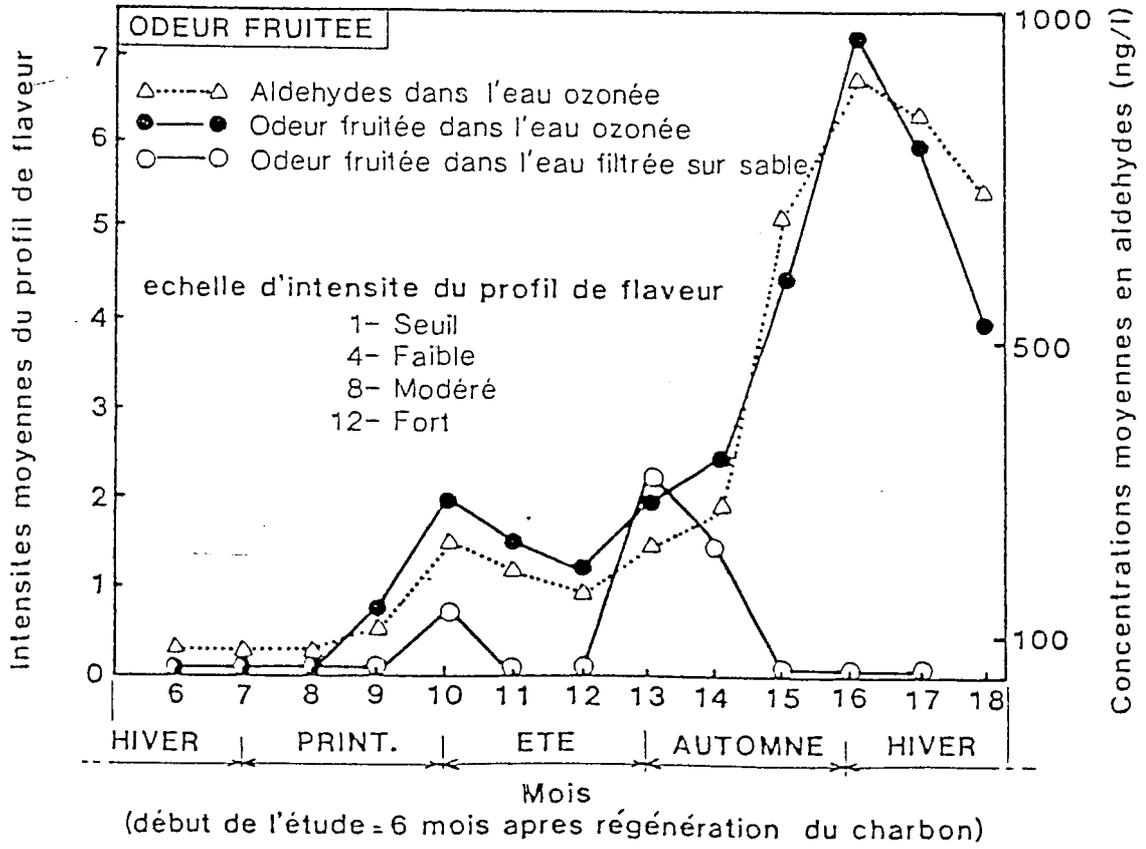


Figure 3. Evolution de l'intensité de l'odeur fruitée et de la concentration en aldéhydes

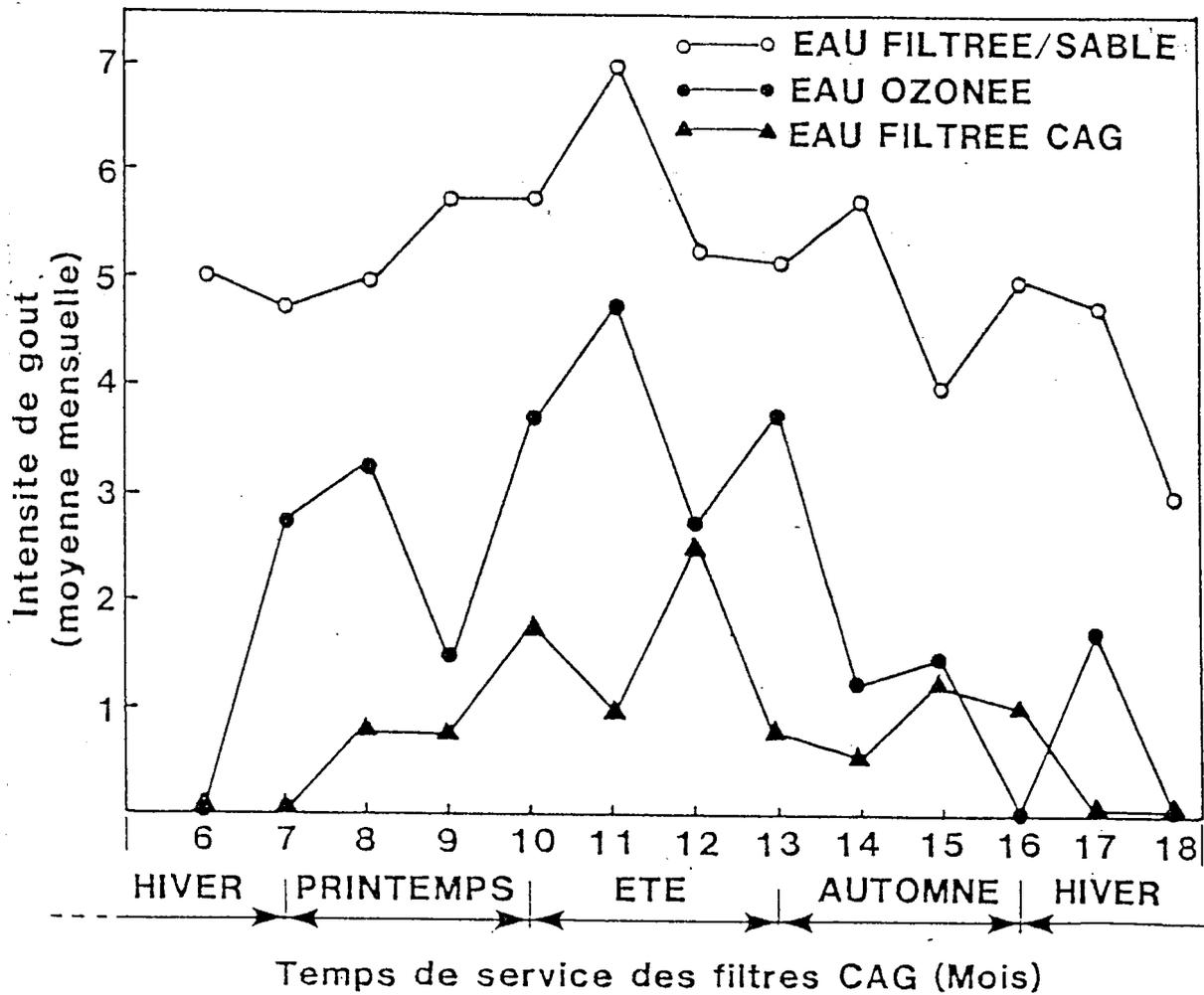


Figure 4. Efficacité de la combinaison de traitement Ozone filtration sur CAG pour l'élimination des arômes de terre et moisi

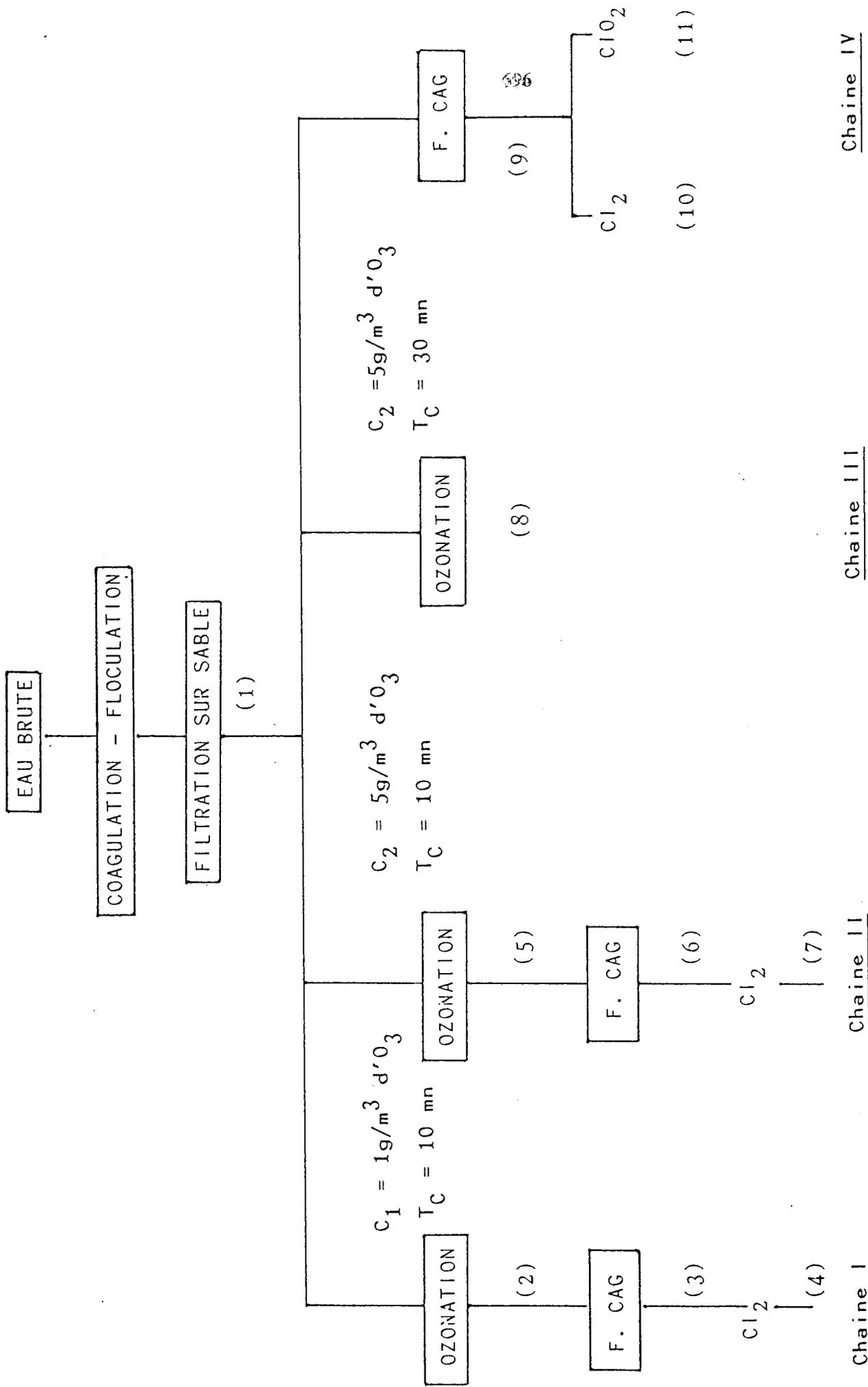


Figure 5. Schéma du pilote de Vigneux (11 points de prélèvements)

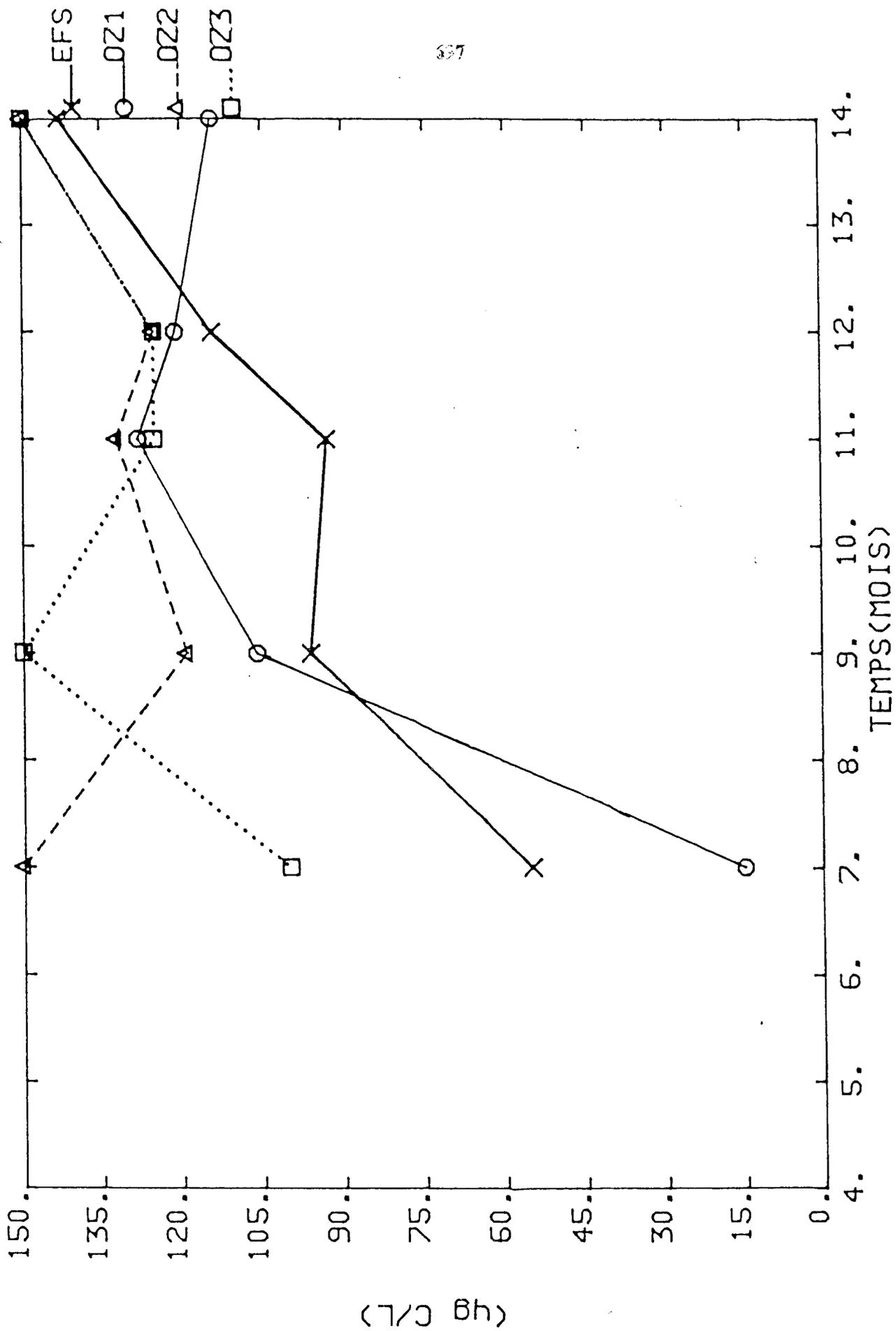
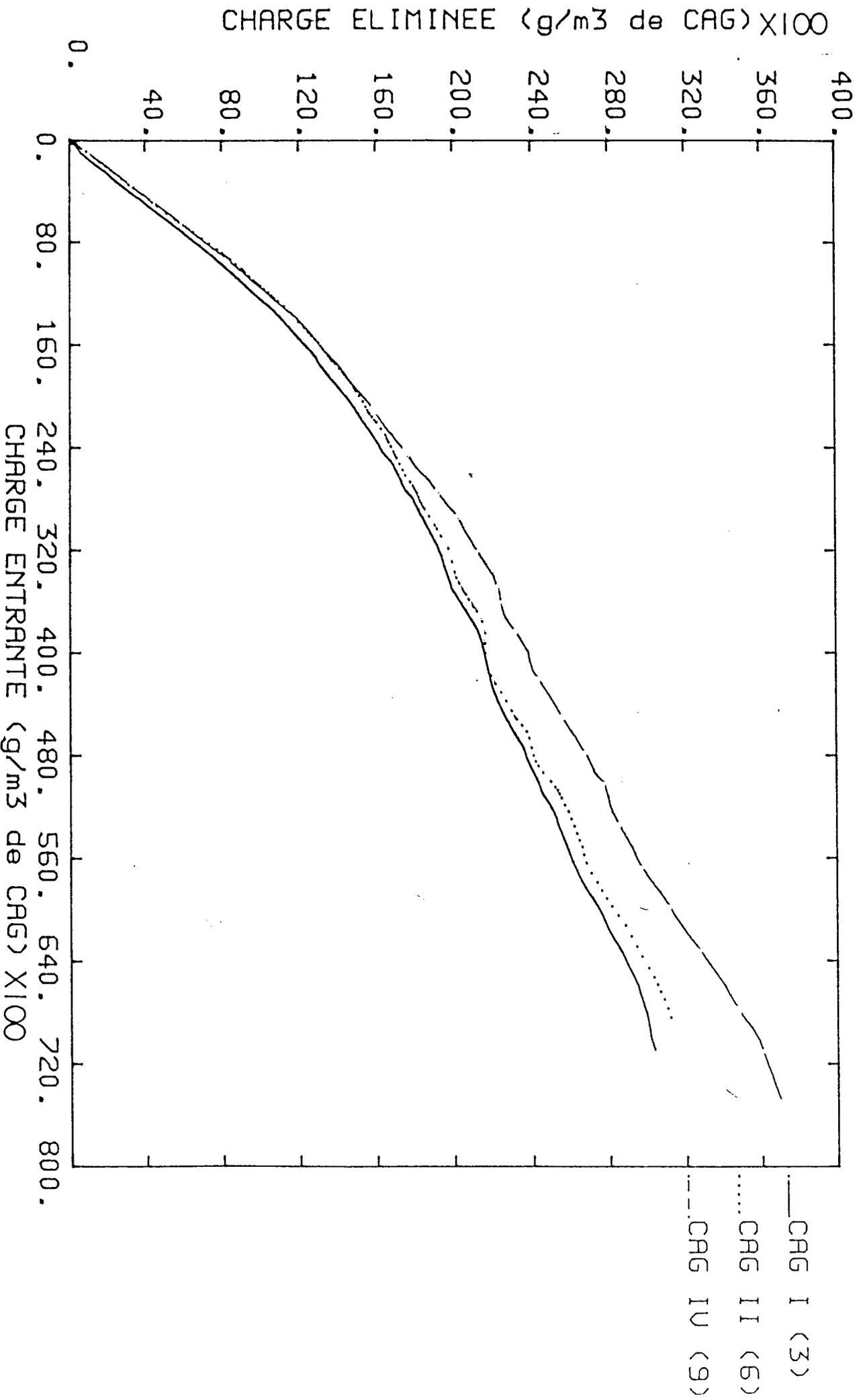


Figure 6. Evolution de la teneur en carbone organique assimilable en fonction des conditions d'ozonation

Figure 7. Cumul de CO<sub>2</sub> éliminé sur les Charbons

869



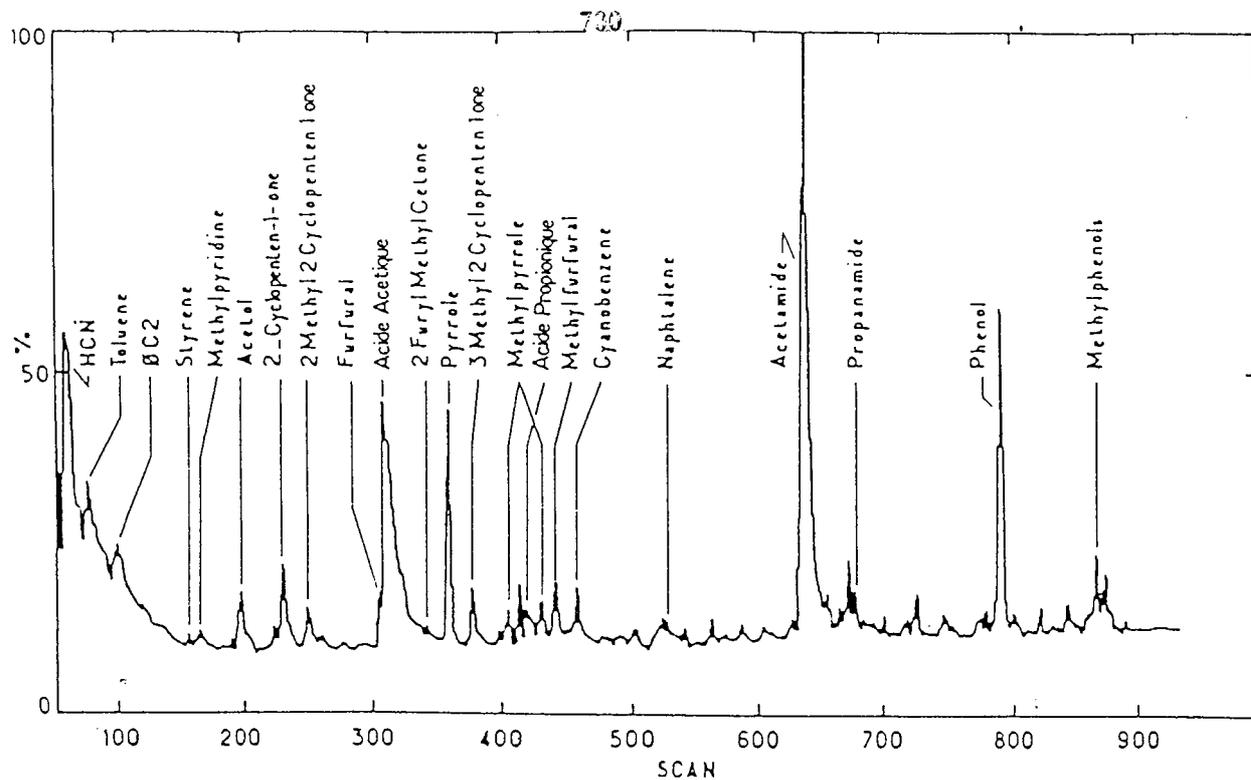


Figure 9a. Eau filtrée sur sable  
 Pyrolyse de la fraction : PM > 5000 daltons

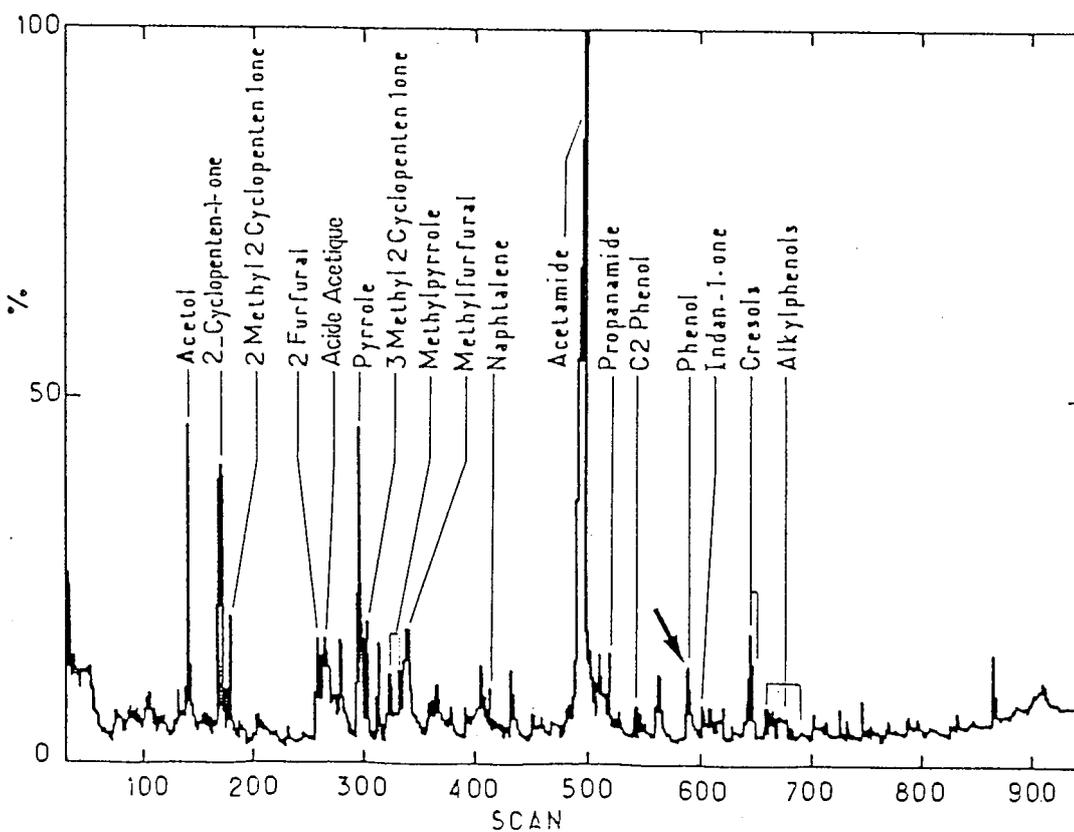


Figure 9b. Eau ozonée (1 mg/l - 10 min.)  
 pyrolyse de la fraction : PM > 5000 daltons

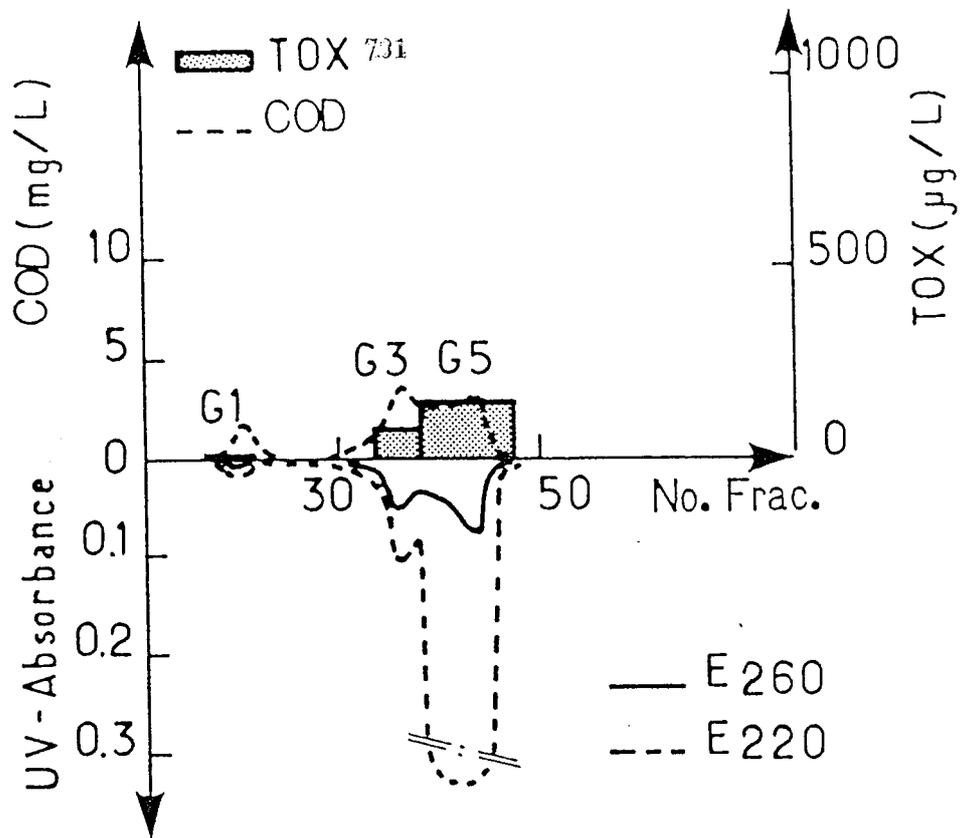


Figure 10a. Chromatogramme d'exclusion de l'eau filtrée sur CAG (6) : répartition de l'absorption UV, du COT et du TOX

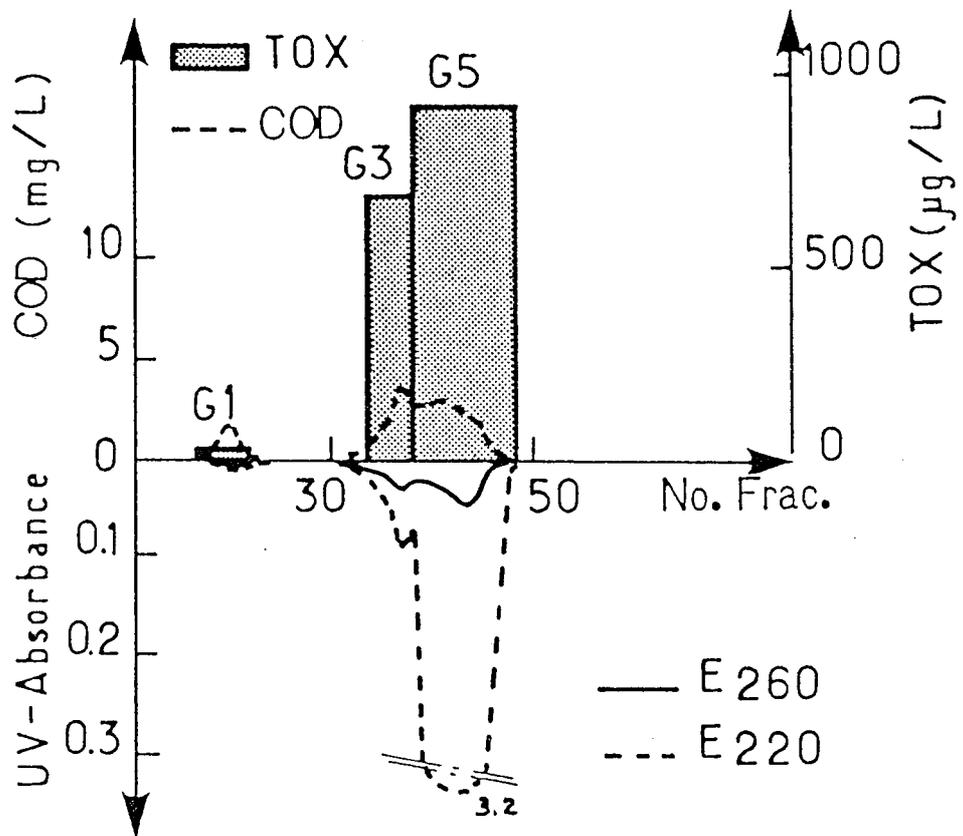


Figure 10b. Chromatogramme d'exclusion de l'eau chlorée (7) : répartition de l'absorption UV, du COT et du TOX

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSELME, C.; MALLEVIALLE, J.; SUFFET, I.H. 1985. Removal of Tastes and Odors by the Ozone-Granular Activated Carbon Water Treatment Processes. 7th Ozone World Congress, Tokyo, Japan.

ANSELME, C. 1987. Etude et Caractérisation des Problèmes de Mauvais Goûts de l'Eau Potable. Thèse, Université de Paris VII.

BRUCHET, A. 1985. Applications de la Technique de Pyrolyse CG-SM à l'Etude des Matières Organiques non Volatiles des Eaux Naturelles ou en Cours de Traitement. Thèse, Université de Poitiers.

DUGUET, J.P.; TSUTSUMI, Y.; BRUCHET, A.; MALLEVIALLE, J. 1984. Chloropicrin in Potable Water : Conditions of Formation and Evolution Along Various Treatment Processes. 5th Conference on Water Chlorination : Environmental Impact and health Effects. Williamsburg, Virginia, June 3-8.

ROOK, J.J. 1974. Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Waters. Water Treatment and Examination, 23, 234-243.

SUFFET, I.H.; ANSELME, C.; MALLEVIALLE, J. 1986. Removal of Tastes and Odors by ozonation. Ozone Sem., Proc. AWWA Ann. Conf., Denver, Colo.