



association française pour l'étude des eaux

reconnue d'utilité publique par décret du 4 juillet 1974

centre national de documentation et d'information sur l'eau

2 4 1 . 6

8 6 G O

LE GOUT DE L'EAU

ETUDE DE SYNTHESE

241.6-8660-3550

LE GOUT DE L'EAU

ETUDE DE SYNTHÈSE

réalisée par Mme M. Gamrasni

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITA (ICWSS)
P.O. Box 9390, 2009 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: 07710 / 3550
LO: 241.6 8660

S O M M A I R E

INTRODUCTION	7
QUELQUES DÉFINITIONS	11
 <u>CHAPITRE I : EVALUATION DU GOÛT DE L'EAU</u>	
A - EVALUATION SENSORIELLE DU GOUT DE L'EAU	15
1) <i>Les plaintes des consommateurs</i>	15
2) <i>L'évaluation du goût par les professionnels</i>	18
a - Détermination du seuil	18
b - Détermination de la nature du goût	19
B - DÉTERMINATION ANALYTIQUE DU GOUT DE L'EAU	20
1) <i>Les sels minéraux</i>	20
2) <i>Les substances organiques</i>	22
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	25
 <u>CHAPITRE II : LES ORIGINES DU GOÛT DE L'EAU</u>	
A - LA POLLUTION DES EAUX NATURELLES	31
1) <i>Les pollutions d'origine naturelle</i>	32
2) <i>Les pollutions d'origine atmosphérique</i>	32
3) <i>Les pollutions d'origine urbaine</i>	32
4) <i>Les pollutions d'origine industrielle</i>	32
5) <i>Les pollutions d'origine agricole</i>	32
6) <i>La pollution d'origine biologique</i>	33
a - Les actinomycètes	33
b - Les algues	34
B - LES MODIFICATIONS DU GOUT DE L'EAU LORS DE LA DISTRIBUTION .	36
1) <i>Le traitement</i>	36
2) <i>La distribution</i>	36
C - LES PRODUITS A L'ORIGINE DU GOUT DE L'EAU	37
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	39

CHAPITRE III : ELIMINATION DU GOÛT

A - METHODES PREVENTIVES	45
B - PROCEDES INCLUS DANS UNE FILIERE DE TRAITEMENT	45
1) <i>Prétraitements de l'eau</i>	45
2) <i>Traitement physique de l'eau</i>	46
a - Aération de l'eau et stripping	46
b - Adsorption sur charbon actif	46
c - Utilisation de radiations	49
3) <i>Procédés utilisant l'oxydation</i>	50
a - Chloration	51
b - Ozonation	51
c - Traitement au permanganate de potassium	51
4) <i>Traitements biologiques</i>	52
C - TRAITEMENT DANS LES CANALISATIONS ET LES RESERVOIRS	52
D - QUELQUES SUGGESTIONS	54
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	57
CONCLUSION	63

I N T R O D U C T I O N

On apprend à l'école primaire que l'eau potable doit être incolore, inodore et sans saveur. L'O.M.S. indique dans les normes internationales pour l'eau de boisson : "elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. La fraîcheur, l'absence de turbidité, de coloration parasite et de goûts ou odeurs désagréables sont autant de qualités exigées d'une eau d'approvisionnement public".

L'eau distribuée ne correspond malheureusement pas toujours à ces critères et les responsables de la distribution d'eau enregistrent périodiquement des plaintes de consommateurs concernant le goût de terre, de moisi, de "pharmacie" ou d'eau de Javel pour l'eau prise au robinet.

On associe facilement le mauvais goût de l'eau à sa mauvaise qualité, mais l'analyse montre que dans la plupart des cas une eau sapide se révèle conforme aux normes de potabilité et qu'elle n'est pas dangereuse pour la santé. On doit aussi signaler qu'une eau sans goût est ... insipide et peu agréable à consommer.

Les origines des goûts et odeurs de l'eau sont diverses :

- présence de certains sels qui donnent une saveur à l'eau (salée ou amère)
- sécrétions dans l'eau de microorganismes, des algues particulièrement, qui communiquent des odeurs et goûts divers à l'eau
- pollution de l'eau par des produits organiques très volatils en dose très faible mais qui provoquent des odeurs et goûts parfois exacerbés ou générés par le traitement de l'eau et en particulier la chloration.

Le traitement classique de l'eau potable élimine une partie de ces inconvénients mais certains goûts sont tenaces et il faut un traitement particulier pour les éliminer, ce qui conduit à un surcoût de l'eau.

Le problème est donc socio-économique : doit-on investir pour améliorer les qualités gustatives d'une eau dont une quantité très importante n'est pas destinée à la boisson ? Mais la satisfaction du consommateur n'est-elle pas primordiale pour le distributeur d'eau ?

Les points suivants seront traités dans ce rapport :

- l'évaluation du goût de l'eau par le consommateur et par les professionnels
- les origines des goûts de l'eau
- les moyens disponibles pour l'élimination du goût de l'eau.

Les documents ayant servi à cette synthèse proviennent du fonds documentaire de l'A.F.E.E.; leurs numéros d'immatriculation sont donnés dans le texte entre parenthèses. Ils peuvent être consultés dans les bureaux de l'A.F.E.E. ou communiqués sous forme de photocopie dans les limites des droits de reproduction.

QUELQUES DEFINITIONS

QUELQUES DEFINITIONS

Ces définitions sont extraites de la norme NF V 00-150 "Analyse sensorielle - Vocabulaire" et sont reprises par la norme NF T 90-035 "Essais des eaux - évaluation du goût".

GOUT

- a) Ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche
- b) Propriété des produits qui provoquent ces sensations.

ODEUR

- a) Sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles
- b) Qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

SAVEUR

- a) Sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles, des bourgeons gustatifs
- b) Qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances.

FLAVEUR

Ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons gustatifs et la cavité buccale, et pouvant comprendre des sensations thermiques, tactiles, chimiques, kinestésiques, douloureuses ...

SEUIL D'APPARITION

Par convention le seuil d'apparition ou seuil de goût est atteint lorsque les dégustateurs arrivent à la limite de perception de ce goût, la dilution précédente, plus diluée, donnant une eau sans goût particulier.

- CHAPITRE I -

EVALUATION DU GOUT DE L'EAU

Comme toutes les réactions sensorielles, le goût n'est pas une grandeur vraiment mesurable; il fait plutôt l'objet d'une estimation par la personne qui ingère un produit alimentaire. L'eau potable ne devrait pas avoir de goût mais elle contient de nombreuses substances à l'état de traces qui lui communiquent des saveurs généralement peu agréables. Le goût du consommateur d'eau n'est pas très exercé à cette évaluation; par contre, il existe des spécialistes dont le palais peut être assimilé à un laboratoire d'analyse pour l'eau qu'il teste habituellement. Cependant, on préfère actuellement une dégustation collective en "panel".

- EVALUATION SENSORIELLE DU GOÛT DE L'EAU

La faculté gustative de l'homme est un phénomène physiologique complexe qui fait intervenir les papilles de la langue et les cellules épithéliales de l'odorat.

Des travaux ont été effectués qui ont montré que les cellules de la bouche ne peuvent distinguer que quatre types de goût : acide, amer, sucré et salé, les japonais y ajoutent le goût de glutamate.

Les sensations plus fines sont apportées par les muqueuses du nez. La détection d'une saveur par une personne est subjective et dépend en plus de facteurs externes. Par exemple, en ce qui concerne l'eau, la température est un élément important dans le développement du goût et de l'odeur (56/O2408, 56/O3242, 66/21912).

1) Les plaintes des consommateurs

Les doléances du public sont évidemment pour le distributeur d'eau une sorte de sonnette d'alarme concernant la détérioration du goût de l'eau dans le réseau. Cependant, il semblerait que peu de clients prennent le temps d'écrire ou de téléphoner pour se plaindre du goût de l'eau.

Les tableaux suivants montrent la répartition des doléances pour la Ville de Paris (environ 2.000.000 hab.) sur sept ans. Il en ressort que l'année 1976 a permis de recenser plus de plaintes que les années précédentes. Or, on se souvient qu'il s'agissait d'une année exceptionnelle de sécheresse et de chaleur pendant l'été (66/17240, 66/21909). Cependant, depuis 1980, le nombre de réclamations augmente (66/40656).

Par contre, si on interroge les gens, au cours d'une enquête dans la rue ou chez les particuliers, une grande majorité déclare que l'eau du robinet est mauvaise, qu'elle a un goût de chlore ou de pharmacie; de plus, la consommation d'eau embouteillée montre une certaine méfiance du consommateur envers l'eau du robinet (66/24582).

.../...

TABLEAU 1a : RECENSEMENT DES PLAINTES

MOTIFS DES "PLAINTES" (isolés ou associés)	1975	1976	1977	1978 3 mois	TOTAL
I - ANOMALIES ESTHETIQUES					
- turbidité avec ou sans dépôt associé.....	35	45	46	24	150)
- Dépôt type "sable", "gravier".....	42	54	44	11	151)
- Coloration anormale.....	33	62	44	18	157)
- Présence d'animalcules vivants.....	0	14	10	0	24)
					432
II - ANOMALIES ORGANOLEPTIQUES : Goût et odeur :					
- Chlore.....	11	23	20	6	60)
- "moisi", "Terre", "Vase".....	0	186 ⁽²⁾	10	10	206)
- "Pharmacie".....	5	2	3	1	11)
- Divers : "pourri", "mazout", métallique".	44 ⁽¹⁾	28	30	11	113)
					390
III- TROUBLES					
- Digestifs.....	9	15	9	0	33)
- Cutanés (et divers).....	5	3	5	1	14)
					47

(1) avec prédominance « pourri »

(2) apparus massivement au début du mois d'avril

(Extrait du Document 66/21909)

TABLEAU 1b : MOTIFS DES DOLEANCES DES USAGERS ENREGISTRES A PARIS
PAR LE LABORATOIRE D'HYGIENE DE LA VILLE DE PARIS DE 1980 à 1982

	1980	1981	1982
Nombre de doléances enregistrées	235	265	399 (+ 170 [*])
Nombre de plaintes traitées	222	247	377
ANOMALIES ESTHETIQUES :	<u>175</u>	<u>213</u>	<u>297</u>
.. turbidité avec ou sans dépôt associé	28	52	60
. dépôt type "sable", "gravier", "calcaire"	93	85	80
. coloration anormale	45	66	135
. animalcules - (Aselles,...) - algues	1 - 4	0 - 3	1 - 1
. divers (mousse, eau grasse ou gluante,...)	4	7	20
ANOMALIES ORGANOLEPTIQUES (goût et/ou odeur) :	<u>72</u>	<u>55</u>	<u>127 (+ 170[*])</u>
. chlore (astringent)	25	19	42
. "moisi", "terre", "vase".....	22	12	56 (+ 170 [*])
. "pharmacie"	8	5	1
. hydrocarbure, mazout	6	4	6
. divers (pourri, amer, métallique, sale,...)	21	15	22
MANIFESTATIONS CLINIQUES :	<u>14</u>	<u>25</u>	<u>39</u>
. digestives	9	19	31
. cutanées	5	6	8
AUCUNE ANOMALIE CONSTATEE:	9	10	8

* Plaintes émises en quelques jours par des usagers alimentés par la même ressource (eau de la "Marne" traitée) dans le courant du mois de septembre 1982.

(Extrait du Document 66/40656)

Le tableau 2 montre que le Français était, en 1970, le plus gros consommateur d'eau minérale de la C.E.E. (F 2734).

TABLEAU 2 : DIFFERENCES IN WATER CONSUMPTION PATTERNS IN THE EUROPEAN COMMUNITIES (1970/1971)

	Water intake routes (Quantities in litre/Capita/year)						
	Coffee	Tea	Beer	Milk	Wines	Soft drinks	Mineral waters
Belgium	165	10	126	78	14	55	31
Denmark	300	20*	100	112	7	44	0,5*
France	127	67	40	71	124	19	50
Germany F.R.	137	16	140	77	18	53	13
Irish Rep.	50*	400	48	213	2	20	0,5*
Italy	85	5	12	67	113	23	20
Luxembourg	165	10	125	78	41	50	29
Netherlands	250	250	60	107	6	55	0,5
United Kingdom	50	410	74	140	2	22	0,5
Average in E.E.C.	110	125	65	90	65	29	21

* estimation

(Extrait du Document F 2734)

Une enquête intéressante a été menée en 1976 aux Pays-Bas concernant les qualités organoleptiques de l'eau de boisson sur un échantillon représentatif de 2000 foyers; on a obtenu 4630 réponses individuelles (ce qui représentait 1472 foyers appartenant à 89 collectivités locales).

On a déterminé le seuil de perception pour deux produits dans de l'eau potable et on a pu mettre en évidence la difficulté d'évaluation des goûts par un échantillon choisi sérieusement; on a pu noter en particulier l'influence du sexe, du tabagisme et de l'âge des participants. Deux autres facteurs ont été mis en évidence : le seuil personnel de chaque individu et l'influence de l'origine de l'eau que boit généralement la personne testée. Cette enquête a fait l'objet de plusieurs publications (F 3452, F 4702, G 6153, 66/29493).

Il faut aussi noter que le consommateur est accoutumé au goût de l'eau qu'on lui distribue et que tout changement est d'abord ressenti désagréablement même si cette modification représente une amélioration. On nous a cité le cas d'une ville en Algérie alimentée il y a de nombreuses années par de l'eau saumâtre, où les habitants ont pris l'habitude de saler l'eau de leur café lorsqu'on leur a fourni une eau de meilleure qualité, mais qui évidemment n'avait plus le même goût !

.../...

2) L'évaluation du goût par les professionnels

Il en est pour l'eau comme pour le vin, les dégustateurs ou "tasteurs" expérimentés donnent une bonne indication quant au goût de l'eau (66/37457).

Le choix d'un goûteur d'eau est déterminé par son acuité gustative ... et sa sobriété; en effet, cette profession suppose que l'on n'abuse ni de l'alcool, ni du tabac. Cependant, on préfère actuellement faire goûter l'eau à un ensemble de personnes non spécialisées, les résultats seront d'autant plus fiables que le nombre de goûteurs sera plus élevé (66/44617, 66/47863).

a) Détermination du seuil

La méthode d'estimation sensorielle du goût de l'eau est basée sur la détermination du seuil d'apparition du goût après diverses dilutions de l'eau à analyser par une eau dite de référence; il s'agit en général d'eau de source ou souterraine à laquelle les dégustateurs les plus expérimentés ne trouvent pas de goût; elle doit avoir une minéralisation moyenne.

Sur le plan pratique, on effectue les dilutions par addition de volumes d'eau V_n décroissants multiples du volume V_0 de l'eau à tester. La dégustation se fait dans la plupart des cas à 30°C, cette température étant atteinte par étuvage des diverses solutions sans surchauffe et sans agitation.

L'opérateur prend une gorgée de la solution la plus diluée, la garde dans la bouche pendant quelques instants de telle sorte que sa sensibilité gustative soit la plus grande (certains goûteurs font rouler l'eau dans la bouche, d'autres avalent en partie de l'eau ...). Si l'eau goûtée ne donne lieu à aucune sensation de goût, on passe à la dilution inférieure. Le seuil est déterminé par la dilution qui donne une première apparition du goût, par exemple si on a ajouté 4 fois V_0 à l'eau initiale, le seuil est 5 (F 286/V, F 3588, 56/03242, 66/47145).

TABLEAU 3

Dilution n°	Eau à analyser (volume)	Eau de référence (volume)	Seuil de goût
0	1	0	1
1	1	0,5	1,5
2	1	1	2
3	1	2	3
4	1	4	5
5	1	6	7
6	1	9	10
7	1	14	15

(Extrait du Document F 286/V)

.../...

La détermination du goût doit être effectuée par 3 professionnels au moins et le seuil retenu sera celui qui aura été déterminé par la majorité des dégustateurs.

On notera qu'au Royaume-Uni et dans la directive européenne qui doit être appliquée incessamment en France la température retenue pour la dégustation est de 25°C (G 7243) et que le seuil de concentration admissible est une dilution de 2 pour 12°C et de 3 pour 25°C.

.) Détermination de la nature du goût

Le goûteur d'eau doit aussi essayer de définir la nature du goût décelé non plus sur une dilution mais sur l'eau à analyser. Outre les quatre caractéristiques de saveur acide, amère, salée, sucrée, d'autres goûts peuvent être reconnus comme l'indique les tableaux 4 et 5 (F 286/V, G 7243).

TABLEAU 4

Nature de la saveur ou du goût	Remarques
Saveur acide	
Saveur amère	
Saveur salée	sulfates-chlorures
Saveur sucrée	
Saveur salée et amère	eau magnésienne
Goût bicarbonaté, alcalin	type eau de Vichy
Goût métallique	fer, manganèse, cuivre...
Goût chloré	
Goût d'hydrocarbures	traces d'hydrocarbures
Goût de mandarine	oxydation de traces d'hydrocarbures
Goût pharmaceutique	produits organiques
Goût de chlorophénol	chlorophénol
Goût de terre	eaux de zones calcaires
Goût de vase	eaux des étangs, eaux stagnantes
Goût de marée	poissons, métabolites de certains organismes du plancton
Goût de moisi	moisissures, champignons inférieurs, levures
Goût de bouchon moisi	herbicides, pesticides

(Extrait du Document F 286/V)

On peut préparer des solutions témoins pour certains goûts afin de familiariser les nouveaux goûteurs d'eau mais au bout de quelques années d'expériences un bon professionnel peut évaluer seul la concentration de certains produits (66/05371).

.../...

TABEAU 5

INTENSITE	NATURE DES GOUTS		
pas de goût très léger léger fort très fort	astringent amer bitumineux chimique chloré chlorophénol concombre légume pourri	de terre de poisson fade de géranium d'encre métallique pourri moisi	huileux caoutchouc salé âpre aigre alcoolisé doux d'herbe etc ...

(D'après le document G 7243)

B - DÉTERMINATION ANALYTIQUE DU GOÛT DE L'EAU

Le goût de l'eau lui est communiqué par des substances minérales ou organiques à l'état de traces généralement. Pour chacun de ces produits, on connaît le seuil moyen de perception. La connaissance de la concentration de chacun d'eux pourrait donc permettre d'évaluer le goût de l'eau mais certains produits ont des effets synergiques ou antagonistes pour le goût.

Néanmoins, la connaissance de la teneur de l'eau en éléments traces présente un grand intérêt non seulement sur le plan organoleptique mais aussi sur le plan toxicologique. Un autre avantage de l'analyse réside en ce qu'elle n'est pas influencée par la température de l'eau comme l'estimation sensorielle (56/03242, 66/36238).

1) Les sels minéraux

L'eau très pure exempte de gaz dissous et de sels minéraux paraît acide, lourde à boire alors qu'une eau minéralisée est agréable à consommer. Les sels minéraux confèrent donc du goût à l'eau mais si la concentration est trop importante, le goût devient désagréable.

Le tableau 6 indique les teneurs limites à ne pas dépasser pour que l'eau ne soit pas désagréable à boire (données collectées dans la littérature et réunies par Mr Montiel) - (F 3588, 66/21912).

.../...

TABLEAU 6 : LIMITES DE CONCENTRATION POUR CERTAINS ELEMENTS
ET COMPOSES

CALCIUM : mg/l en Ca⁺⁺

Ca (HCO ₃) ₂	:	50 à 200 mg/l
CaCl ₂ *	:	125 mg/l
CaSO ₄ *	:	25 à 900 mg/l

CHLORURES : en Cl⁻

CaCl ₂ *	:	96 mg/l pour les plus sensibles
NaCl *	:	121 mg/l " " "

pour la moyenne 400 mg/l

NaCl *	:	210 mg/l
KCl	:	310 mg/l
CaCl ₂ *	:	222 mg/l

SODIUM : en mg/l de Na

CH ₃ COONa	:	140 mg/l
NaHCO ₃	:	290 mg/l
Na ₂ CO ₃	:	34 mg/l
NaCl *	:	135 mg/l
Na ₃ PO ₄	:	75 mg/l

SULFATES : en SO₄⁼

Na ₂ SO ₄	:	200 à 500 mg/l
CaSO ₄ *	:	250 à 900 mg/l
MgSO ₄ *	:	400 à 600 mg/l

CUIVRE : 1 à 2 mg/l - à 5 mg/l l'eau est imbuvable

FER : 0,1 à 0,2 mg/l fer ferreux
0,2 mg/l pour le fer ferrique

MAGNESIUM : MgSO₄ * : 400 mg/l en MgSO₄
MgCl₂ : 200 mg/l en MgCl₂

MANGANESE : 0,5 mg/l en Mn

POTASSIUM : KCl : 340 mg/l en K

SULFURES : 0,2 mg/l

ZINC : 2 mg/l

(*) la limite est évidemment différente selon l'élément que l'on mesure.

2) Les substances organiques

Pour les composés minéraux, une analyse classique permettant une détection de l'ordre du milligramme est suffisante. Il en est tout autrement des produits organiques naturels ou synthétiques qui, en quantités très faibles, donnent à l'eau une saveur souvent désagréable. Ce sont généralement des composés très volatils qui excitent les cellules olfactives lors de leur passage dans la zone rétronasale.

Il faut donc prévoir avant analyse de l'eau une concentration de ces produits par l'un des procédés suivants :

- distillation
- extraction au charbon actif ou sur résine (66/23624)
- extraction liquide-liquide (éther ou alcool)
- concentration par congélation (56/02408, 56/03155, 66/05413)
- stripping (66/29815, 66/34798, 66/37794).

La distillation de produits volatils semblerait la solution la plus judicieuse mais la température peut conduire à une dégradation de certains produits et on constate aussi qu'il y a des pertes de ces produits volatils.

Pour concentrer des substances sur du charbon actif ou sur résine, il faut opérer pendant plusieurs jours et la récupération des produits par désorption n'est pas totale et les résines relarguent des produits.

L'extraction liquide-liquide ne donne pas toujours de bons résultats car on perd aussi dans ce cas des produits organiques et le choix du solvant est souvent difficile à faire.

La concentration par congélation permet de récupérer une très grande partie des substances organiques dans le liquide interstitiel des cristaux de glace.

Mais ces produits de concentration conduisent souvent à un entraînement de produits organiques qui ne communiquent pas de goût à l'eau; il faut donc ensuite séparer tous ces produits avant de les doser. On utilise généralement des techniques de chromatographie.

On trouve surtout dans la littérature des indications sur deux types de produits organiques générateurs de goût et d'odeur : la géosmine et le méthyl -2-isobornéol (MIB) ainsi que leurs métabolites pour lesquels la chromatographie gazeuse sur colonne capillaire donne de bons résultats analytiques (66/23624, 66/29815, 66/30990, 66/34798).

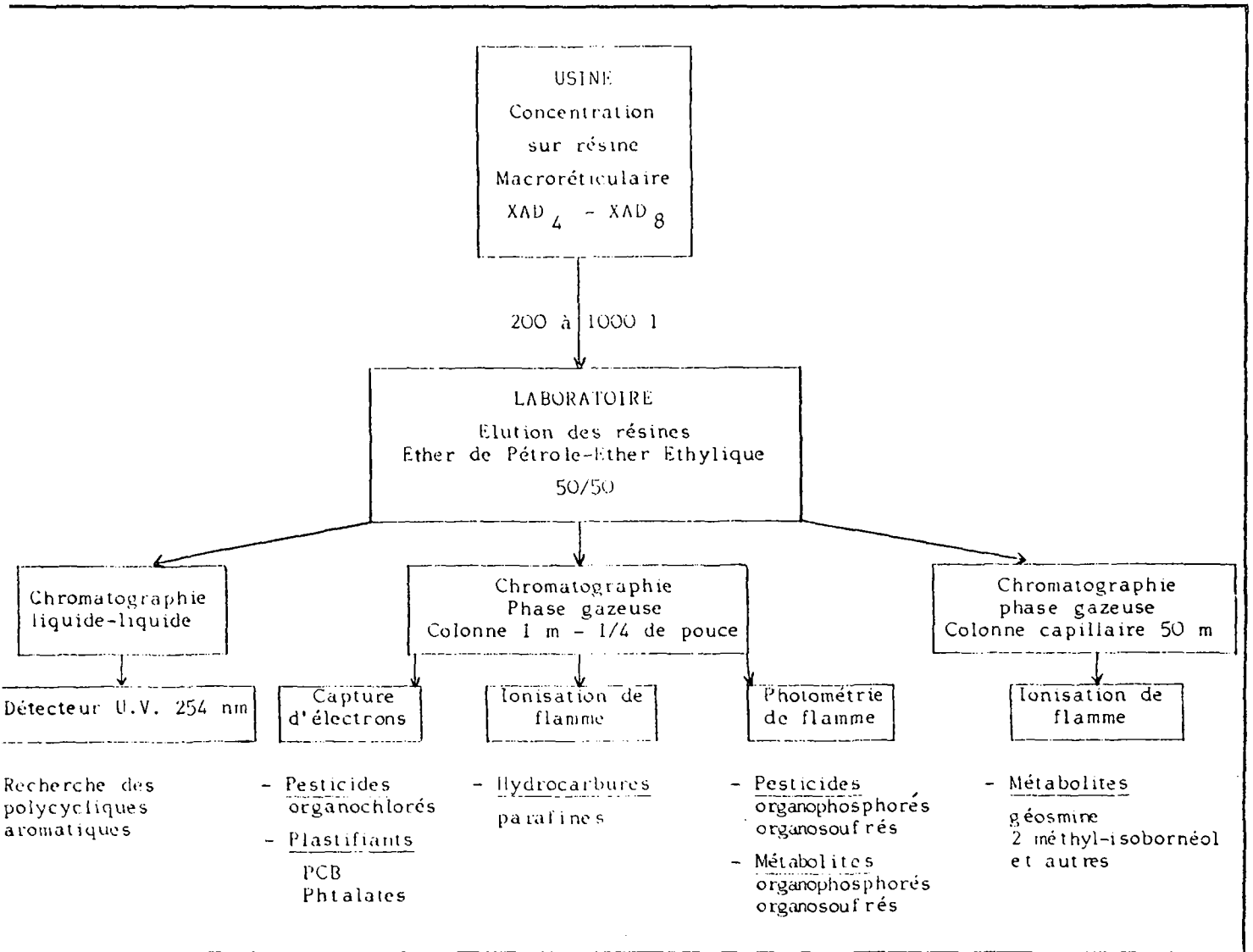
L'identification des substances organiques et leur dosage peut s'effectuer par couplage de la chromatographie avec un détecteur à ionisation de flamme, un spectromètre de masse ou d'autres appareils de détection (66/44240).

On trouvera dans le tableau 7 les méthodes de contrôle des micropolluants organiques utilisées dans les usines d'eau de la Ville de Paris (66/02674, 66/23624).

Pour les personnes intéressées par les problèmes d'analyse des substances organiques, il faut rappeler que l'AFEE dispose de bibliographies constamment remises à jour soit sur les méthodes d'analyse, soit sur les produits

à analyser. On peut en outre affiner les recherches en utilisant les moyens informatiques mis à la disposition de ses utilisateurs par l'AFEE dont la base de données est interrogeable sur le serveur de l'Agence Spatiale Européenne.

TABLEAU 7 : METHODE DE CONTROLE DES MICROPOLLUANTS SUR LES USINES DE PRODUCTION D'EAU DE LA VILLE DE PARIS



(Extrait du Document 66/23624)

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- F 286/V RODIER J.
"L'analyse de l'eau - eaux naturelles, eaux résiduaires,
eau de mer"
Ed. Dunod, 6ème édition, 1365 pages
- F 2734 AMAVIS R., HUNTER W.J., SMEETS J.G.P.M.
"Hardness of drinking water and public health"
Pergamon Press, 1975, 553 pages
- F 3452 ZOETEMAN B.C.J.
"Sensory assessment and chemical composition of drinking
water"
WHO Intern. Refer. Centre, La Haye, 1978, 151 pages
- F 3588 X ...
"Recueil de normes françaises eaux : méthodes d'essais"
AFNOR, 1ère édition, 1979, 342 pages
- F 4702 PERSSON P.E., YURKOWSKI M., MARSHALL E.
"Taste and odour in waters and aquatic organisms"
Water Sci. and Tech., vol. 15, n° 6/7 1983, 340 pages
- G 6153 ZOETEMAN B.C.J.
"Sensory assessment of water quality"
Pergamon Press, vol. 2, 1980, 148 pages
- G 7243 X ...
"Methods for the examination of waters and associated
materials"
HMSO, 1982, 19 pages
- 56/02408 SUFFET I.H., SEGALL S.
"Detecting taste and odor in drinking water"
JAWWA, 1971, n° 9, p. 605-608
- 56/03155 POPALISKY J.R., POGGE F.W.
"Detecting and treating organic taste-&-odor compounds
in the Missouri river"
JAWWA, Août 1972, p. 505-511
- 56/03242 PANGBORN R.M., BERTOLERO L.L.
"Influence of temperature on taste intensity and degree
of liking of drinking water"
JAWWA, Août 1972, p. 511-515
- 66/02674 MESTRES R., LEONARDI G., CHEVALLIER C., TOURTE J.
"Etude sur la mesure de résidus de pesticides dans les
eaux naturelles"
SPEPE, 1968, 67 pages

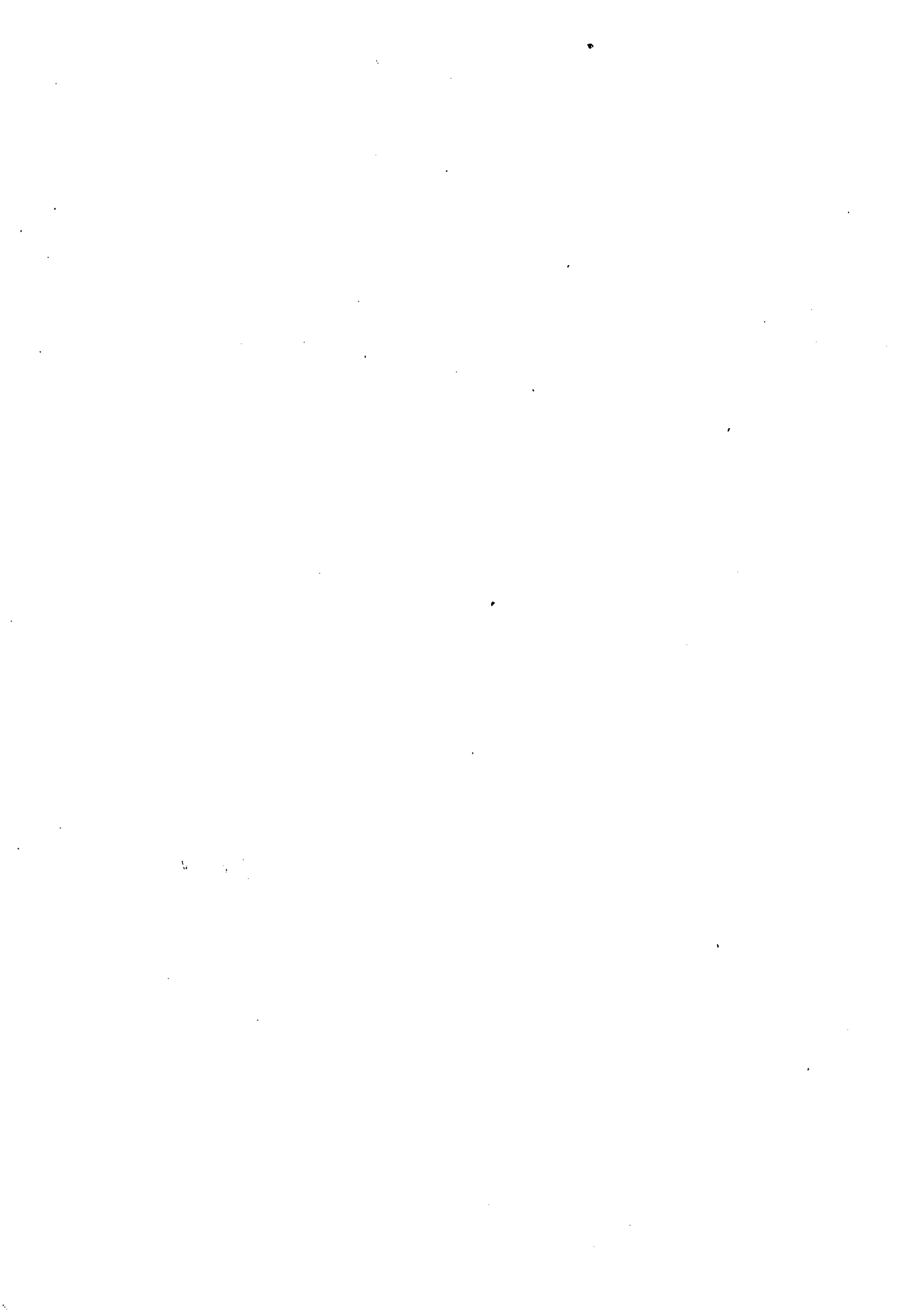
.../...

- 66/05371 ZOETEMAN B.C.J., PIET G.J., VAN DE HEUVEL R.
"Threshold odour concentration in water (and air) of
chemical substances"
Govern. Inst. for Drink. Wat. Sup., 1973, 31 pages
- 66/05413 CAMERON C.D., HOEHN R.C., STRIMAITIS J.R.
"Organic contaminants in raw and finished water"
JAWWA, Septembre 1974, p. 519-523
- 66/17240 MALNIC E.
"L'eau du robinet : des goûts et des saveurs"
T.P.E., n° 47, 1978, 3 pages
- 66/21909 SPINASSE A., LABONDE J., FESTY B.
"Etude des doléances formulées par l'usager vis-à-vis
de l'eau distribuée à son domicile"
J. Fr. Hydrol., 1978, n° 27, p. 137-142
- 66/21912 X ...
"Les goûts de l'eau"
Congrès Int. Journ. Phar., Paris, Septembre 1976, 36 pages
- 66/23624 MONTIEL A.
"Détermination des principaux métabolites d'algues ou
d'actinomycètes responsables des goûts de terre, vase,
moisi dans les eaux"
Congrès Chimie Anal. Cl-Ferrand, Mai 1978, 21 pages
- 66/24582 BOURDONNAY G.
"Saveurs et odeurs de l'eau potable"
T.S.M. L'Eau, n° 3, Mars 1980, p. 120-125
- 66/29493 KOSTER E.P., ZOETEMAN B.C.J., PIET G.J.
"Sensory evaluation of drinking water by consumer panels"
Sci. Total Environ., 1981, 18, p. 155-166
- 66/29815 KLEIN G., KNEIFEL H.
"Putrescin als Hauptgeruchskomponente bei Massenentwicklungen
von Chlamydomonas sp. in der mittleren Ruhr"
Vom Wasser, 1980, n° 54, p. 93-97
- 66/30990 PERSSON E.
"Sensory properties and analysis of two muddy odour
compounds, geosmin and 2-methylisoborneol, in water
and fish"
Water Research, vol. 14, 1980, n° 8, p. 1113-1118
- 66/34798 McGUIRE M.J., KRASNER S.W., HWANG C.J.
"Closed-loop stripping analysis as a tool for solving
taste and odor problems"
JAWWA, 1981, 73, n° 10, p. 530-537
- 66/36238 ALEXANDER H.C., McCARTY W.M., BARTLETT E.A.
"Aqueous odor and taste threshold values of industrial
chemicals"
JAWWA, 1982, 74, n° 11, p. 595-599

- 66/37457 MONTIEL A.J.
"Sensory evaluation of drinking water advantages and limits"
Serv. Cont. Eaux, Paris, 1982, 26 pages
- 66/37794 KRASNER S.W., HWANG C.J., MCGUIRE M.J.
"Development of a closed-loop stripping technique for the analysis of taste - and odor - causing substances in drinking water"
Ann Arbor Sciences, 1981, p. 689-710
- 66/40656 BLOCK J.C., DAMEZ F., MALLEVIALLE J.
"Evolution de la qualité des eaux dans les réseaux de distribution"
5èmes Journ. Sci. et Tech. Eau, Recherche, Environnement, Lille, 1983, p. 203-282
- 66/44240 HWANG C.J., KRASNER S.W., MCGUIRE J.M.
"Determination of subnanogram per liter levels of earthy-musty odorants in water by the salted closed-loop stripping method"
Env. Sci. Techn., 1984, 18, n° 7, p. 535-539
- 66/44364 LALESARY S., PIRBAZARI M., MCGUIRE M.J.
"Air stripping of taste and odor compounds from water"
JAWWA, 1984, 76, n° 3, p. 83-87
- 66/44617 ZOETEMAN B.C.J., DE GREEF E., VAN OERS H.
"Consumer panels monitor taste of water in Rotterdam"
JAWWA, 1984, 76, n° 6, p. 75-77
- 66/47145 KRASNER S.W., MCGUIRE M.J., FERGUSON V.B.
"Tastes and odors : the flavor profile method"
JAWWA, 1985, 77, n° 3, p. 34-39
- 66/47863 BOUSQUET G., OUVRARD J., RIGAL B.
"La dégustation de l'eau; signification; méthodologie; fiabilité"
Journ. Fr. Hydrol., 1984, 15, n° 3, p. 223-236
-

- CHAPITRE II -

LES ORIGINES DU GOUT DE L'EAU

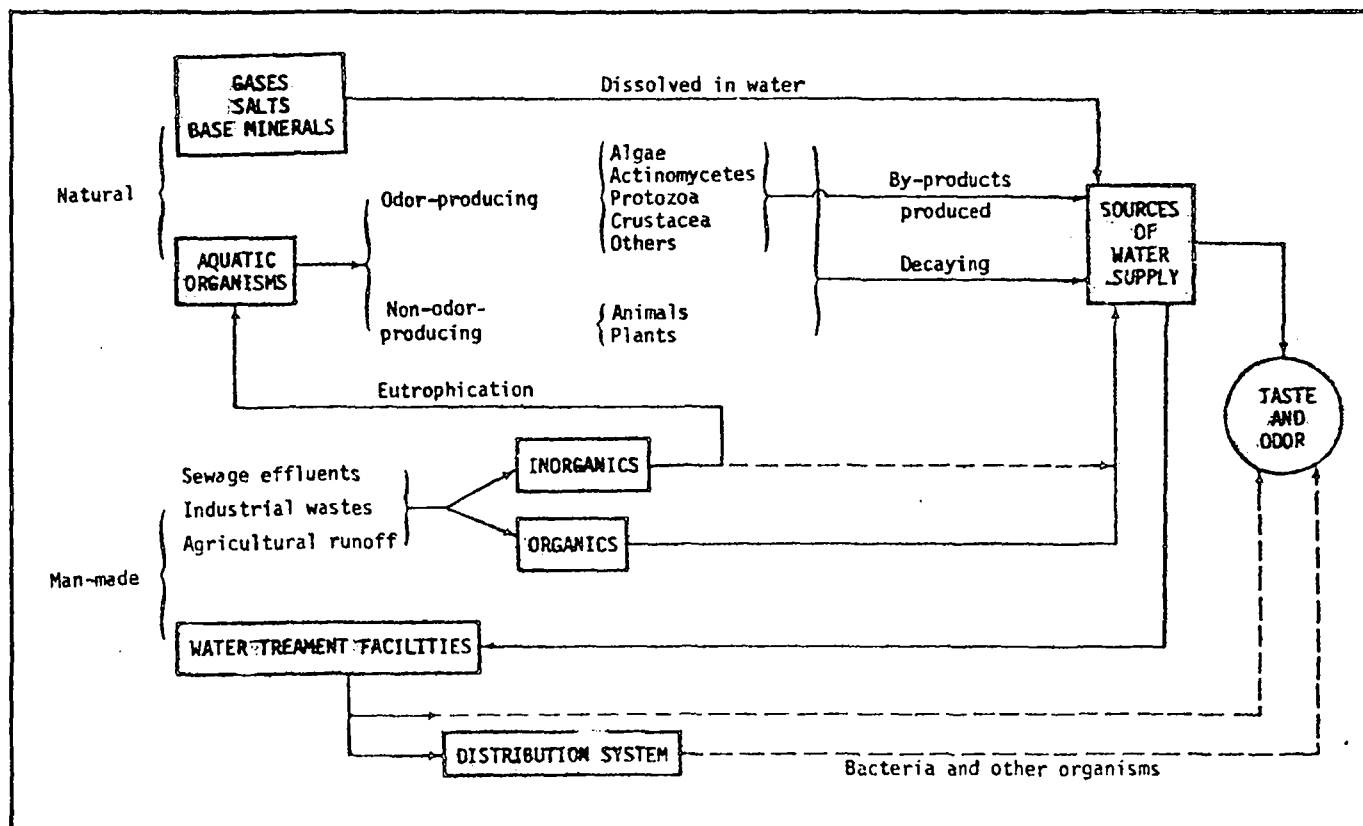


Pour obtenir de l'eau potable, on utilise les eaux dites naturelles, souterraines ou superficielles que l'on traite selon des procédés plus ou moins complexes en fonction de la qualité de l'eau brute dont on part. Ces eaux contiennent des substances dissoutes qui, pour certaines, donnent du goût à l'eau; l'un des traitements consistera à éliminer une grande partie de ces produits pour supprimer ou tout au moins atténuer leurs effets organoleptiques.

A - LA POLLUTION DES EAUX NATURELLES

Les eaux de surface, cours d'eau ou lacs, sont plus vulnérables que les eaux souterraines vis-à-vis de la pollution. En effet, le sol joue un rôle épurateur certain car il retient les microorganismes, adsorbe certains produits chimiques et arrête les matières en suspension. Cependant, un certain nombre de polluants peuvent se retrouver dans les eaux souterraines. L'utilisation des eaux de nappe pour l'obtention d'eau potable doit être précédée d'un contrôle rigoureux tant pour estimer la qualité bactériologique ou chimique que pour évaluer ses caractéristiques organoleptiques (odeur, goût, couleur, voir figure 1 du document 66/10572).

FIGURE 1 : POSSIBLE SOURCES OF TASTES AND ODORS IN WATERS



1) Les pollutions d'origine naturelle

Au cours du cycle des saisons, les eaux de surface subissent des pollutions du seul fait de leur environnement. Les fortes pluies érodent le sol et apportent vers le cours d'eau des matières en suspension, des plantes et des substances minérales ou organiques dissoutes; en automne, les feuilles mortes se retrouvent dans l'eau. Toute la vie animale ou végétale au sein du cours d'eau ou du lac crée des débris d'organismes morts qui parfois servent de nourriture à d'autres êtres vivants mais peuvent aussi se retrouver dans le fond de l'eau et se dégrader en libérant des substances solubles dans l'eau qui peuvent lui communiquer un goût de pourri par exemple (voir § 6).

2) Les pollutions d'origine atmosphérique

Les fumées des usines ou du chauffage urbain, les gaz d'échappement d'automobiles contribuent à la pollution de l'air par des dérivés azotés ou soufrés, des traces d'hydrocarbures imbrûlés et du plomb. L'entraînement de ces produits par la pluie contribue à la pollution des eaux de ruissellement en leur communiquant une certaine acidité. Ce phénomène des "pluies acides" est particulièrement sensible sur certains grands lacs du Nord de l'Europe, du Canada ou des Etats-Unis mais il s'accroît et concerne actuellement tous les pays industrialisés. La qualité des eaux s'en ressent et l'on peut déceler des goûts dus à la présence de produits d'origine atmosphérique comme par exemple les sulfites ou les sulfates (01/44643).

3) Les pollutions d'origine urbaine

Les eaux usées des villes se composent essentiellement d'excréments humains, de détergents et de déchets divers provenant des cuisines et des salles de bain. Quelques usines ou ateliers rejettent des eaux usées de composition différente. Le problème essentiel des rejets d'eaux usées urbaines réside dans les risques bactériologiques et virologiques, même après épuration. On ne s'est pas beaucoup interrogé sur les conséquences organoleptiques de ces eaux. Les décharges d'ordures ménagères menacent autant les eaux souterraines que superficielles lors de leur lessivage par la pluie.

4) Les pollutions d'origine industrielle

Les industries chimiques produisent ou utilisent des milliers de produits divers d'origines minérales ou organiques dont une partie se retrouve dans les eaux usées industrielles. Certains d'entre eux sont toxiques, d'autres donnent à l'eau une odeur, un goût ou une couleur (66/23389, 66/36238).

5) Les pollutions d'origine agricole

L'utilisation de produits chimiques comme les engrais pour améliorer les rendements des cultures ou des pesticides pour les protéger contre les insectes ou les rongeurs contribue largement à la pollution des eaux de

surface par ruissellement et des eaux souterraines par infiltration. Les engrais azotés ou phosphorés peuvent donner du goût à l'eau et certains pesticides aussi. Cependant, la toxicité des nitrates et des produits phytosanitaires pour l'homme ou la faune occulte les problèmes organoleptiques.

La production de lisiers ou de fumier, l'épandage de boues urbaines ou de composts posent plus de problèmes de microbiologie sanitaire ou de parasitologie que le goût ou l'odeur transmis à l'eau.

6) La pollution d'origine biologique

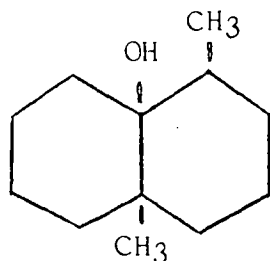
Certains organismes aquatiques sont responsables du goût de l'eau, en particulier les actinomycètes et quelques algues (F 4702, 66/15696, 66/19516). Ce sont ces produits qui sont le plus abondamment cités dans la littérature sur le goût de l'eau.

a) Les actinomycètes

Les actinomycètes sont des microorganismes unicellulaires appartenant à un groupe confus situé entre les champignons et les bactéries. Ils sont très largement distribués dans la nature surtout dans les sols et les boues sédimentaires des lacs et des rivières (56/02179, 56/02265, 56/02640, 66/05158). On en trouve aussi dans les réseaux de distribution publique; soit ils y sont introduits accidentellement (avec de la terre lors de travaux par exemple), soit ils pénètrent sous forme de spores, les spores échappant aux chaînes de traitement. Mais d'après une étude réalisée par la C.G.E. (66/17191) il ne semble pas qu'ils puissent proliférer dans les réseaux.

Ils sont connus par les nuisances qu'ils engendrent, en particulier les odeurs de terre et de moisi. Les genres responsables sont surtout "Streptomyces", "Micromonospora", "Actinoplanes", "Streptosporangium" et peut-être "Nocardia" encore qu'il ne soit que partiellement aquatique (G 1681/540, 56/04310, 66/06956).

En 1967, on a identifié la formule d'un composé issu des actinomycètes à forte odeur de terre appelé Géosmine.



Géosmine : $C_{12} H_{22} O$
(trans 1-10 diméthyl
trans 9 décalol)

Sa limite de détection dans l'eau serait de 0,05 à 0,2 $\mu g/l$ suivant les auteurs, quand il n'y a pas d'autres métabolites présents dans le milieu.

En milieu acide, la géosmine se transforme en argosmine qui est inodore.

.../...

Peu après la géosmine, on a isolé d'autres composés responsables de goûts: la mucidone et le 2-méthylisobornéol puis le cadine-4ème-1-ol, le selina-4 (14), 7 (11) - diène-9-ol; le furfural. Seul le 2-méthylisobornéol est réellement odorifère.

Les autres composés ne sont pas malodorants pris isolément, mais en présence de géosmine, ils donnent des goûts de moisi très prononcés. On observe le même phénomène quand ils sont mélangés avec le 2-méthylisobornéol (66/11232, 66/21912, 66/43997).

b) Les algues

Les algues émettent aussi des substances malodorantes (voir tableau 1 du document 66/13423).

Ces métabolites sont des alcools, des esters, des aldéhydes, cétones, acides gras, mercaptans ainsi que le n-hexanol et le n-heptanol, ces 2 derniers étant responsables d'odeur de poisson. On a relevé 60 genres d'algues susceptibles d'induire de mauvais goûts (66/10572).

Les cyanophycées sont connues pour leur faculté d'élaborer de la géosmine et aussi du 2-méthylisobornéol comme les actinomycètes. Elles secrètent d'autres substances malodorantes notamment des substances phénolées qui, lors de la désinfection des eaux, sont transformées en chlorophénols et rendent l'eau impropre à la consommation (voir figure 2 - document 56/04310, 66/10572, 66/13423).

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, il n'existe pas de relation directe entre l'intensité du goût, la concentration en géosmine et méthylisobornéol et la densité de microorganismes générateurs de ces métabolites.

Les résultats obtenus en Seine en 1976 suggèrent que les goûts de moisi enregistrés à cette époque et ayant suscité des plaintes massives étaient dus à une action synergique entre la géosmine et certains micropolluants présents à concentration exceptionnellement élevée (66/16702). Dans d'autres cas, il y aurait antagonisme entre géosmine et micropolluants organiques (F 4702, 66/15696, 66/15815).

D'autre part, il existe des interactions continues entre les différents groupes élaborant des composés sapides. Le développement des actinomycètes est particulièrement important quand les cyanophycées sont en déclin (66/15696, 66/19516).

Il faut noter aussi le rôle non négligeable des bactéries Gram⁺ et surtout de Bacillus cereus qui lysent la géosmine, ce qui expliquerait l'absence de mauvais goûts alors qu'on enregistre des proliférations d'algues (66/31033).

On a aussi observé des modifications saisonnières du goût de l'eau; il semble que la période de croissance des algues accroisse les caractéristiques organoleptiques. Dans les lacs ou réservoirs, la période de destratification thermique provoque aussi une augmentation du goût et de l'odeur de l'eau (56/01379, 66/07266, 66/10572, 66/18738, 66/35121).

De nombreuses études restent à faire pour élucider ces phénomènes.

TABLEAU 1 : ODORS, TASTES, AND TONGUE SENSATIONS ASSOCIATED
WITH ALGAE IN WATER

Algal Genus	Algal Group	Odor when algae are:		Taste	Tongue Sensation
		Moderate	Abundant		
Actinastrum	Green	—	grassy, musty	—	—
Anabaena	Blue-Green	grassy, nasturtium, musty	septic	—	—
Anabaenopsis	Blue-Green	—	grassy	—	—
Anacystis	Blue-Green	grassy	septic	sweet	—
Aphanizomenon	Blue-Green	grassy, nasturtium, musty	septic	sweet	dry
Asterionella	Diatom	geranium, spicy	fishy	—	—
Ceratium	Flagellate	fishy	septic	bitter	—
Chara	Green	skunk, garlic	spoiled, garlic	—	—
Chlamydomonas	Flagellate	musty, grassy	fishy, septic	sweet	lick
Chlorella	Green	—	musty	—	—
Chryso-sphaerella	Flagellate	—	fishy	—	—
Cladophora	Green	—	septic	—	—
(Clathrocystis)	See Anacystis	—	—	—	—
Closterium	Green	—	grassy	—	—
(Coelosphaerium)	See Gomphosphaeria	—	—	—	—
Cosmarium	Green	—	grassy	—	—
Cryptomonas	Flagellate	violet	violet	sweet	—
Cyclotella	Diatom	geranium	fishy	—	—
Cylindrospermum	Blue-green	grassy	septic	—	—
Diatoma	Diatom	—	aromatic	—	—
Dictyosphaerium	Green	grassy, nasturtium	fishy	—	—
Dinobryon	Flagellate	violet	fishy	—	lick
Eudorina	Flagellate	—	fishy	—	—
Euglena	Flagellate	—	fishy	sweet	—
Fragilaria	Diatom	Geranium	musty	—	—
Glebo-dinium	Flagellate	—	fishy	—	lick
(Gleuocapsa)	See Anacystis	—	—	—	—
Glaucocystis	Green	—	septic	—	—
Gloeotrichia	Blue-green	—	grassy	—	—
Gomphosphaeria	Blue-green	grassy	grassy	sweet	—
Gonium	Flagellate	—	fishy	—	—
Hydrodictyon	Green	—	septic	—	—
Mallomonas	Flagellate	violet	fishy	—	—
Melosira	Diatom	geranium	musty	—	lick
Meridion	Diatom	—	spicy	—	—
(Microcystis)	See Anacystis	—	—	—	—
Nitella	Green	grassy	grassy, septic	bitter	—
Nostac	Blue-green	musty	septic	—	—
Oscillatoria	Blue-green	grassy	musty, spicy	—	—
Pandorina	Flagellate	—	fishy	—	—
Pediastrum	Green	—	grassy	—	—
Peridinium	Flagellate	cucumber	fishy	—	—
Pleurosigma	Diatom	—	fishy	—	—
Rivularia	Blue-green	grassy	musty	—	—
Scenedesmus	Green	—	grassy	—	—
Spirogyra	Green	—	grassy	—	—
Staurastrum	Green	—	grassy	—	—
Stephanodiscus	Diatom	geranium	fishy	—	lick
Synedra	Diatom	grassy	musty	—	lick
Synura	Flagellate	Cucumber, musk-melon, spicy	fishy	bitter	dry, metallic, slick
Tabellaria	Diatom	geranium	fishy	—	—
Tribonema	Green	—	fishy	—	—
(Uroglena)	See Uroglenopsis	—	—	—	—
Uroglenopsis	Flagellate	cucumber	fishy	—	lick
Ulothrix	Green	—	grassy	—	—
Volvox	Flagellate	fishy	fishy	—	—

(Extrait du Document 66/13423)

.../...

FIGURE 2 : TASTE AND ODOR THRESHOLD CONCENTRATION

Component	Geometric mean thresholds (ppb)	
	Taste	Odor
Phenol	> 1,000	> 1,000
2-chlorophenol	4	2
4-chlorophenol	> 1,000	250
2,4-dichlorophenol	8	2
2,6-dichlorophenol	2	3
2,4,6-trichlorophenol	> 1,000	> 1,000

* All tests were made at room temperature (23 degrees C.) by 4-6 panels

(Extrait du Document 66/10572)

B - LES MODIFICATIONS DU GOÛT DE L'EAU LORS DE LA DISTRIBUTION

1) Le traitement

Le traitement d'une eau en vue de sa potabilisation consiste essentiellement en une élimination des substances qui se trouvent dans l'eau brute. On doit s'attendre à une diminution de la saveur de l'eau à la sortie de la station (voir chapitre suivant).

Il existe cependant des exceptions car le traitement implique aussi l'addition de produits chimiques comme les agents de floculation ou les produits de désinfection qui peuvent réagir avec les substances présentes et conduire à des produits intermédiaires générateurs de goût. On peut aussi assister lors du "storage" ou dans d'autres postes à des proliférations d'organismes producteurs d'isobornéol ou de géosmine (66/24759, 66/28167).

La chloration de l'eau présente de nombreux avantages quant à l'élimination des microorganismes et à la sécurité lors de la distribution, du fait qu'il se maintient un résiduel de chlore. Cependant, cette rémanence du chlore donne parfois un goût "d'eau de Javel" assez désagréable pour le consommateur dû à la réaction du chlore sur des substances dissoutes dans l'eau.

2) La distribution

La stagnation de l'eau dans le réseau, la mauvaise qualité de la paroi interne des conduites (corrosion, entartrage), l'intrusion d'eau parasite dans les canalisations conduisent à une dégradation de la qualité de l'eau

en général et peuvent être à l'origine du développement d'odeurs ou de goûts désagréables de l'eau distribuée (01/85006, 66/40656).

Nota : l'A.F.E.E. a réalisé une étude de synthèse concernant l'entretien des réseaux de distribution qui aborde ces problèmes de dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux.

C - LES PRODUITS À L'ORIGINE DU GOÛT DE L'EAU

On pourra se reporter au chapitre I, § B-1 pour les sels minéraux susceptibles de donner une saveur à l'eau; un tableau indique les seuils maximum à ne pas dépasser pour maintenir la qualité gustative de l'eau.

Pour les produits organiques, il est difficile de connaître leur rôle exact dans le goût de l'eau car on l'a vu précédemment ils sont d'origines très diverses. La présence simultanée de plusieurs d'entre eux dans une même eau peut avoir des effets synergiques ou antagonistes et, en outre, la détermination qualitative et quantitative de ces substances n'est pas facile.

Néanmoins, on a relevé dans la littérature des tableaux indiquant des seuils de goût pour des substances fréquemment rencontrées dans l'eau potable. Ils sont reproduits ci-dessous (56/05935, 66/02674, 66/05413, 66/17965, 66/39361).

**TABLEAU 2 : ORGANIC COMPOUNDS
PROBABLY INVOLVED IN TASTE
IMPAIRMENT OF DRINKING WATER IN
TWENTY CITIES OF THE NETHERLANDS**

Compound	Highest Concentration Detected µg/L	OTC in Water µg/L	C.OTC Ratio
Chlorination products			
Tribromomethane	10	300	0.03
Trichloromethane	60	100	0.6
Compounds of biological nature			
2-Ethyl-1-hexanol	3.0	300	0.01
Heptan-3-on	0.1	7.5	0.01
Heptanol	0.1	3.0	0.03
Octanol	0.03	0.7	0.04
Octene-1	0.03	0.5	0.06
Nonanal	0.1	1.0	0.1
Decanal	0.1	0.1	1.0
2-Methylisoborneol	0.03	0.02	1.5
Geosmin	0.03	0.02	1.5
Compounds of industrial nature			
Bis(2-chloroisopropyl)ether	3.0	300	0.01
3,4-Dichloroaniline	0.03	3	0.01
o-Dichlorobenzene	0.1	10	0.01
Hexachlorobutadiene	0.1	6	0.02
Naphthalene	0.1	5	0.02
γ-Hexachlorocyclohexane	0.1	0.3	0.03
5-Chloro-o-toluidine	0.3	5	0.06
1,2,4-Trichlorobenzene	0.3	5	0.06
2-Chloroaniline	0.3	3	0.1
Biphenyl	0.1	0.5	0.2
1,3,5-Trimethylbenzene	1.0	3	0.3
p-Dichlorobenzene	0.3	0.3	1.0

**TABLEAU 3 : ORGANIC COMPOUNDS
DETECTED MOST FREQUENTLY IN
TWENTY TYPES OF DRINKING WATER
IN NETHERLANDS**

Types of Compounds	Detection Frequency*	Maximum Concentration µg/L
Hydrocarbons		
Toluene	20	0.3
Xylenes	19	0.1
C ₆ benzenes	19	1.0
Decanes	18	0.3
Ethylbenzene	17	0.03
Fluoranthene	16	0.05
Naphthalene	15	0.3
Naphthalene	14	0.1
Oxygen compounds		
Ethylaldehyde	17	0.1
1,1-Dimethoxybutane	13	0.3
Methyl isobutyrate	13	1.0
Halogen compounds		
Chloroform	16	60
Tetrachloromethane	15	0.7

*Detection frequency is number of tap waters, among the twenty types, in which the compound was detected.

TABLEAU 4

II Substanz	III Formel	IV Geruchs- Schwellen- Konzentration µg/l	II Substanz	III Formel	IV Geruchs- Schwellen- Konzentration µg/l
Phenol	C_6H_5OH	4000	4-tert.-Butyl-2-methylphenol	$C_6H_4(CH_3)_2C_4H_9OH$	400
<i>Kresole (Methylphenole):</i>			6-tert.-Butyl-3-methylphenol	$C_6H_4(CH_3)_2C_4H_9OH$	500
o-Kresol	$CH_3C_6H_4OH$	1400	2-tert.-Butyl-4,6-dimethylphenol	$C_6H_3(CH_3)_2C_4H_9OH$	300
m-Kresol	$CH_3C_6H_4OH$	800	2,6-Di-tert.-butylphenol	$(C_6H_4)_2C_4H_9OH$	200
p-Kresol	$CH_3C_6H_4OH$	200	2,4-Di-tert.-butylphenol	$(C_6H_4)_2C_4H_9OH$	500
<i>Xylenole (Dimethylphenole):</i>			2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol	$(C_6H_3)_2C_4H_9OH$	1000
2,3-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	500	p-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenol	$(CH_3)_3CCH_2C(CH_3)_2C_6H_4OH$	2700
2,4-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	400	<i>aromatisch substituierte Phenole:</i>		
2,5-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	400	o-Phenylphenol	$C_6H_5C_6H_4OH$	400
2,6-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	400	p-Phenylphenol	$C_6H_5C_6H_4OH$	700
3,4-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	1200	Isomergemisch ~ 60% o-Benzylphenol ~ 40% p-Benzylphenol	$C_6H_4(CH_2C_6H_5)_2OH$	1000
3,5-Xylenol	$(CH_3)_2C_6H_3OH$	5000	2-Benzyl-4-methylphenol	$C_6H_4(CH_2C_6H_5)CH_3C_6H_4OH$	100
<i>Trimethylphenole:</i>			<i>Chlorphenole:</i>		
2,3,5-Trimethylphenol	$(CH_3)_3C_6H_2OH$	2300	o-Chlorphenol	ClC_6H_4OH	10
2,4,5-Trimethylphenol	$(CH_3)_3C_6H_2OH$	2300	m-Chlorphenol	ClC_6H_4OH	50
2,4,6-Trimethylphenol	$(CH_3)_3C_6H_2OH$	500	p-Chlorphenol	ClC_6H_4OH	60
3,4,5-Trimethylphenol	$(CH_3)_3C_6H_2OH$	> 10000	2,3-Dichlorphenol	$Cl_2C_6H_3OH$	30
<i>vinylisch aliphatisch substituierte Phenole:</i>			2,4-Dichlorphenol	$Cl_2C_6H_3OH$	40
2-Äthylphenol	C_8H_9OH	300	2,5-Dichlorphenol	$Cl_2C_6H_3OH$	30
3-Äthylphenol	C_8H_9OH	800	2,6-Dichlorphenol	$Cl_2C_6H_3OH$	200
4-Äthylphenol	C_8H_9OH	600	3,4-Dichlorphenol	$Cl_2C_6H_3OH$	100
4-Propylphenol	$C_9H_{11}OH$	500	2,3,6-Trichlorphenol	$Cl_3C_6H_2OH$	300
o-Isopropylphenol	$C_9H_{11}OH$	1000	2,4,5-Trichlorphenol	$Cl_3C_6H_2OH$	200
o-tert.-Butylphenol	$C_9H_{11}OH$	50	2,4,6-Trichlorphenol	$Cl_3C_6H_2OH$	300
3-tert.-Butylphenol	$C_9H_{11}OH$	80	2,3,4,6-Tetrachlorphenol	$Cl_4C_6H_1OH$	600
p-tert.-Butylphenol	$C_9H_{11}OH$	800	Pentachlorphenol	Cl_5C_6OH	1600
p-tert.-Pentylphenol	$C_{11}H_{15}OH$	800	<i>aliphatisch substituierte Chlorphenole:</i>		
p-Nonylphenol	$C_{13}H_{19}OH$	1000	2-Methyl-4-chlorphenol	$ClC_6H_4CH_3$	1800
<i>zwei- bis aliphatisch subst. Phenole:</i>			3-Methyl-4-chlorphenol	$ClC_6H_4CH_3$	3000
3-Methyl-5-äthylphenol	$CH_3C_6H_3(C_2H_5)OH$	1000	3-Methyl-6-chlorphenol	$ClC_6H_4CH_3$	20
2-Methyl-5-isopropylphenol (Carvacrol)	$C_9H_9CH_3C_3H_7OH$	800	o-Chlorthymol	$ClC_6H_4CH_3C_6H_4OH$	600
2-Isopropyl-5-methylphenol (Thymol)	$C_9H_9CH_3C_3H_7OH$	500	4-tert.-Butyl-2-chlorphenol	$ClC_6H_4C_4H_9OH$	300
2-Isopropyl-6-methylphenol	$C_9H_9CH_3C_3H_7OH$	1000	2-Cyclohexenyl-4-chlorphenol	$ClC_6H_4C_6H_9OH$	300
2-tert.-Butyl-6-methylphenol	$C_9H_9CH_3C_4H_9OH$	50	2,2'-Methylen-bis-(4-chlorphenol)	$(ClC_6H_4)_2CH_2$	500
2-tert.-Butyl-4-methylphenol	$C_9H_9CH_3C_4H_9OH$	30	2,2'-Methylen-bis-(3,4,6-tri- chlorphenol)	$(Cl_3C_6H_2)_2CH_2$	10000

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- F 4702 PERSSON P.E., YURKOWSKI M., MARSHALL E.
"Taste and odour in waters and aquatic organisms"
Water Sci. and Tech., vol. 15, n° 6/7, 1983, 340 pages
- G 1681/540 GERBER N.N.
"Microbiological production of geosmin"
EPA-670/2-74-094, Novembre 1974, 9 pages
- O1/44643 DESCROIX P.
"L'influence de la pollution atmosphérique sur la pollution
de l'eau en France"
T.S.M. L'Eau, Mars 1975, p. 127-129
- O1/85006 FLOGSTAD H.
"Penetration of plastic water pipes by gases and solvents"
Conf. AIDE, Monastir, 1984, 33, n° 13, 15 pages
- 56/01378 BAKER R.A., JENNINGS R.
"A case study of microorganic contaminants in river water"
Water & Sewage Works, Décembre 1970, p. 412-416
- 56/02179 BRETTER E.
"Etude sur les actinomycètes, causes d'un certain goût
et d'odeur dans les installations centrales
d'approvisionnement en eau"
CEBEDEAU, n° 338, Janvier 1972, p. 11-14
- 56/02265 SILVEY J.K., HENLEY D.E., WYATT J.T.
"Growth and odor-production studies"
JAWWA, Janvier 1972, p. 35-39
- 56/02640 McMILLAN L.M., KARSHEN S.P., WILLEY B.F.
"Identification and location of actinomycetes in the
Southern End of Lake Michigan"
JAWWA, Mai 1972, p. 312-315
- 56/04310 COLLINS R.P.
"Characterization of taste and odors in water supplies"
U.S. Env. Prot. Agency, Août 1971, 22 pages
- 56/05935 ZOETEMAN J., CEES B., PIET G.J.
"Cause and identification of taste and odour compounds
in water"
The Science of the Total Env., 3, 1974, p. 103-115
- 66/02674 MESTRES R., LEONARDI G., CHEVALLIER C., TOURTE J.
"Etude sur la mesure de résidus de pesticides dans les
eaux naturelles"
SPEPE, 1968, 67 pages
- 66/05158 LECHEVALIER H.
"Distribution et rôle des actinomycètes dans les eaux"
Bull. de l'Institut Pasteur, 1974, 72, p. 159-175

- 66/05413 CAMERON C.D., HOEHN R.C., STRIMAITIS J.R.
"Organic contaminants in raw and finished water"
JAWWA, Septembre 1974, p. 519-523
- 66/06956 GERBER N.N., LECHEVALIER H.A.
"Geosmin, an earthy-smelling substance isolated from
actinomycetes"
5 tirés à part d'auteur, 1965-1973, 18 pages
- 66/07266 CLARE L.G., HOPSON N.E.
"Algae problems in eastern Lake Erie"
JAWWA, Mars 1975, p. 131-134
- 66/10572 LIN S.D.
"Sources of tastes and odors in water"
Water & Sewage Works, 1976, 123, n° 6, 8 pages
- 66/11232 DERNAUCOURT J.C.
"L'eau potable, ses goûts : à propos de la géosmine"
Eau Ind., 1976, n° 9, p. 73-74
- 66/13423 LIN S.D.
"Tastes and odors in water supplies : a review"
Water & Sewage Works, 1977, p. R 141-R 163
- 66/15696 MOUCHET J., LEROY P., MONTIEL A., RIGAL S.
"Etude sur la Seine - relations entre la qualité de l'eau
et la présence des microorganismes et de leurs métabolites
sapides"
T.S.M. L'Eau, Mars 1978, p. 171-180
- 66/15815 MOUCHET P.
"Recherches bibliographiques sur les goûts et les odeurs
d'origine biologique dans les eaux potables"
T.S.M. L'Eau, 1978, 73, n° 3, p. 145-153
- 66/16702 VILAGINES R., MOUCHET J., PIERSON J.
"Mise en évidence, origine et éradication de la géosmine
présente dans les eaux de rivière"
Soc. Hyd. de France, 1978, p. 1-7
- 66/17191 VIGOURET J.
"Actinomycètes : source de goûts et d'odeurs pour l'eau
potable - traitements physico-chimiques en vue de leur
élimination"
Eau et Ind., 1978, n° 27, p. 36-42
- 66/17965 DIETZ F., TRAUD J.
"Geruchs- und Geschmacks-Schwellen-Konzentrationen von
Phenolkörpern"
GWf-Wasser/Abwasser, 1978, 119, n° 6, p. 316-325
- 66/18738 RIZET, CAUHAPE
"Les barrages-réservoirs sont-ils sources de nuisances
organoleptiques pour les eaux des rivières qu'ils régularisent?"
S.L.E.E., 11 juillet 1978, 8 pages

- 66/19516 WEETE J.D., BLEVINS W.T., WILT G.R.
"Chemical, biological, and environmental factors responsible for the earthy odor in the Auburn City water supply"
Auburn University, 1977, 46 pages
- 66/21912 X ...
"Les goûts de l'eau"
Congrès Int. Journ. Phar., Paris, Septembre 1976, 36 pages
- 66/23389 X ...
"La fabrication de pâte à papier, l'industrie chimique et les mauvais goûts dans l'eau occasionnés par leurs rejets"
Agence R.M.C., Octobre 1979, 17 pages
- 66/24759 STANDER G.J.
"Micro-organic compounds in the water environment and their impact on the quality of potable water supplies"
Water S.A., vol. 6, n° 1, Janvier 1980, 14 pages
- 66/28167 RIZET M., MALLEVIALLE J.
"Rôle des grandes retenues de barrage dans l'apparition de saveurs terreuses dans les eaux de la Seine en 1975-1976"
Trib. Cebedeau, n° 445, 1980, p. 513-525
- 66/31033 MOUCHET P.
"Incidence du métabolisme des organismes aquatiques sur la qualité et le traitement des eaux de consommation"
25ème congrès A.F.L., Paris, Mai 1980, p. 29-46
- 66/35121 RIZET M., MOUCHET J.
"Influence of discharges from storage reservoirs on the tastes and odours appearing in the Seine and Marne rivers"
Wat. Sci. Tech., vol. 14, 1982, p. 43-58
- 66/36238 ALEXANDER H.C., McCARTY W.M., BARTLETT E.A.
"Aqueous odor and taste threshold values of industrial chemicals"
JAWWA, 1982, 74, n° 11, p. 595-599
- 66/39361 IZAGUIRRE G., HWANG C.J., KRASNER S.W., McGUIRE M.J.
"Geosmin and 2-methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply systems"
Applied and Env. Microb., Mars 1982, p. 708-714
- 66/40656 BLOCK J.C., DAMEZ F., MALLEVIALLE J.
"Evolution de la qualité des eaux dans les réseaux de distribution"
5èmes Journ. Sci. et Tech. Eau, Recherche, Environnement, Lille, 1983, p. 203-282.
- 66/43997 JUETTNER F.
"Dynamics of the volatile organic substances associated with cyanobacteria and algae in a eutrophic Shallow Lake"
Appl. Env. Microb., 1984, 47, n° 4, p. 814-820



- CHAPITRE III -

ELIMINATION DU GOUT

Le consommateur d'eau est très sensible aux aspects organoleptiques de l'eau potable et particulièrement aux goûts qu'elle présente; le traiteur d'eau est donc conduit à les éliminer ou tout au moins à les limiter au maximum.

A - MÉTHODES PRÉVENTIVES

Ces procédés visent à supprimer le goût à son origine même, ce qui suppose évidemment qu'elle soit connue.

On a vu au chapitre II les sources, naturelles ou non, du goût de l'eau, mais il n'est pas possible du point de vue technique et économique, de toutes les supprimer; il faut évaluer le coût des actions préventives par rapport à celui du traitement dans une station.

C'est surtout au niveau des algues ou autres organismes générateurs de goûts désagréables que l'on applique ces mesures car il s'agit d'un phénomène passager et saisonnier. On peut utiliser des substances susceptibles de détruire en amont de la station de traitement les organismes responsables. On applique par exemple des sels de cuivre pour combattre les algues dans un réservoir d'eau à ciel ouvert. On emploie parfois des méthodes mécaniques comme la filtration ou le microtamisage dès la prise d'eau brute pour empêcher l'introduction massive d'algues dans la station de traitement, ce qui évite l'introduction de substances étrangères dans l'eau et limite (sans l'éliminer complètement) la saveur de l'eau; on abaisse ainsi le coût du traitement (F 1972, 66/44541).

Une autre méthode préventive en cas de mauvaise qualité de l'eau, quelles qu'en soient les sources, consiste à changer l'origine de l'eau, ce qui ne peut se faire qu'après une étude technico-économique sérieuse.

B - PROCÉDÉS INCLUS DANS UNE FILIÈRE DE TRAITEMENT

C'est évidemment au niveau de l'usine d'eau potable que l'on se préoccupe surtout de l'élimination du goût.

1) Prétraitements de l'eau

Il s'agit d'éliminer dans la première phase du traitement la plus grande partie possible des substances ou organismes responsables du goût de l'eau. On effectue soit un microtamisage, soit une oxydation (chloration ou ozonation) dans le cas de matière organique.

Le microtamisage s'effectue dès l'entrée de la station en général sur un filtre tambour garni de toile métallique; un dispositif à jet d'eau sous pression permet d'éviter le colmatage (56/01713).

.../...

Ce procédé mécanique élimine les algues responsables de la sécrétion des substances au goût désagréable mais n'élimine pas les composés produits.

L'oxydation des matières organiques conduit à la rupture des molécules de substances et dans certains cas on assiste à l'élimination des microorganismes. L'inconvénient de ce procédé est la production de métabolites des substances d'origine, dont on ne connaît pas toujours les effets sur la santé. La chloration préalable d'une eau brute conduit généralement à la formation de chlorométhane que l'on classe dans la catégorie plus générale des haloformes. La tendance actuelle est de supprimer la préchloration pour la remplacer par la préozonation ou par le traitement au permanganate de potassium (56/01354, 66/23065).

2) Traitement physique de l'eau

a) Aération de l'eau et stripping

Les produits responsables des odeurs et de certains goûts de l'eau sont souvent des substances organiques volatiles que l'on peut éliminer par aération de l'eau ou par stripping. Il s'agit de chasser les substances à forte pression de vapeur par la création d'un courant d'air, la pulvérisation de l'eau, l'écoulement en cascade ou la diffusion de bulles au sein du liquide. Malheureusement, les produits qui donnent à l'eau les goûts prononcés ne sont pas assez volatils et l'expérience montre que ce procédé n'est vraiment efficace que pour le sulfure d'hydrogène; cependant, on cite quelques stations aux Etats-Unis qui ont utilisé ce procédé pendant la période estivale car l'élévation de température augmente la volatilité des substances et diminue la teneur en oxygène de l'eau. On a ainsi un double résultat qui peut justifier le coût de l'opération (F 1972, 66/17191).

Cependant, une étude récente effectuée en laboratoire reprend ce procédé en s'appuyant sur le même principe que celui de l'analyse des micropolluants organiques où l'on fait intervenir les constantes de Henry. Cependant, aucune expérimentation sur pilote ne semble avoir été effectuée (66/44364).

b) Adsorption sur charbon actif

Le charbon actif a la propriété d'adsorber des substances en solution ou en suspension dans l'eau, et particulièrement les substances organiques. On l'utilise donc largement pour l'élimination des goûts dus à des matières organiques, mais il est aussi efficace dans l'élimination du chlore résiduel si celui-ci communique à l'eau une saveur trop prononcée (G 1681/268, 66/36192).

Il existe deux possibilités pour le traitement par le charbon actif : l'utilisation de cette matière sous forme pulvérulente introduite dans l'eau sans agitation ou l'emploi de lits de charbon actif en grain (fixes ou fluidisés, 56/02759, 66/31309, 66/44907).

.../...

Le choix du charbon et de son mode d'action dépend d'un certain nombre de facteurs :

- nature du charbon
- nature de la substance (ou des substances) à éliminer
- coût du réactif
- possibilité de régénération
- problèmes de manipulation...

Cette phase de traitement suppose donc une étude préalable en laboratoire pour rechercher l'utilisation optimale :

- place dans la filière
- type de charbon à utiliser
- quantités à mettre en oeuvre ...

Des essais ont été effectués en 1976 lors de la sécheresse exceptionnelle qui avait généré des goûts désagréables dans l'eau potable de la Région Ile-de-France.

On a d'abord recherché quels étaient les charbons en poudre ou en granulés du commerce donnant les meilleurs résultats vis-à-vis de la géosmine, puis on a établi la succession optimale des opérations (G 4585).

On a établi que, dans la plupart des cas, si la température et le pH de l'eau baissaient, l'adsorption des matières organiques était meilleure (66/31352).

On utilise des courbes d'adsorption dites isothermes de Langmuir ou de Freundlich pour évaluer la capacité d'un charbon actif. Actuellement on utilise surtout la méthode de Freundlich qui est basée sur l'équation suivante:

$$x/m = K C_e^{1/n}$$

où x est la quantité de substance adsorbée

m est le poids du matériau adsorbant

C_e est la constante d'équilibre de la substance adsorbée

K et $1/n$ sont des constantes caractéristiques du système.

La figure 1 donne des exemples d'isothermes et le tableau 1 indique les valeurs K et $1/n$ pour quelques matières organiques dont certaines présentent des goûts indésirables (cependant, il s'agit surtout de substances toxiques) (F 4735, G 4385).

On estime que les quantités nécessaires de charbon en poudre sont de l'ordre de 10 g/m³ minimum (G 5733).

Le charbon actif se sature au fur et à mesure des opérations et il est donc nécessaire de prévoir une régénération; pour cela on dispose de diverses méthodes :

- chauffage en atmosphère inerte (azote par exemple) à 800°C
- chauffage dans les fours classiques (à sole, tournant, à lit fluidisé ...)
- épuisement par de l'air chaud humide (100°C)
- lavage avec des solvants spécifiques.

.../...

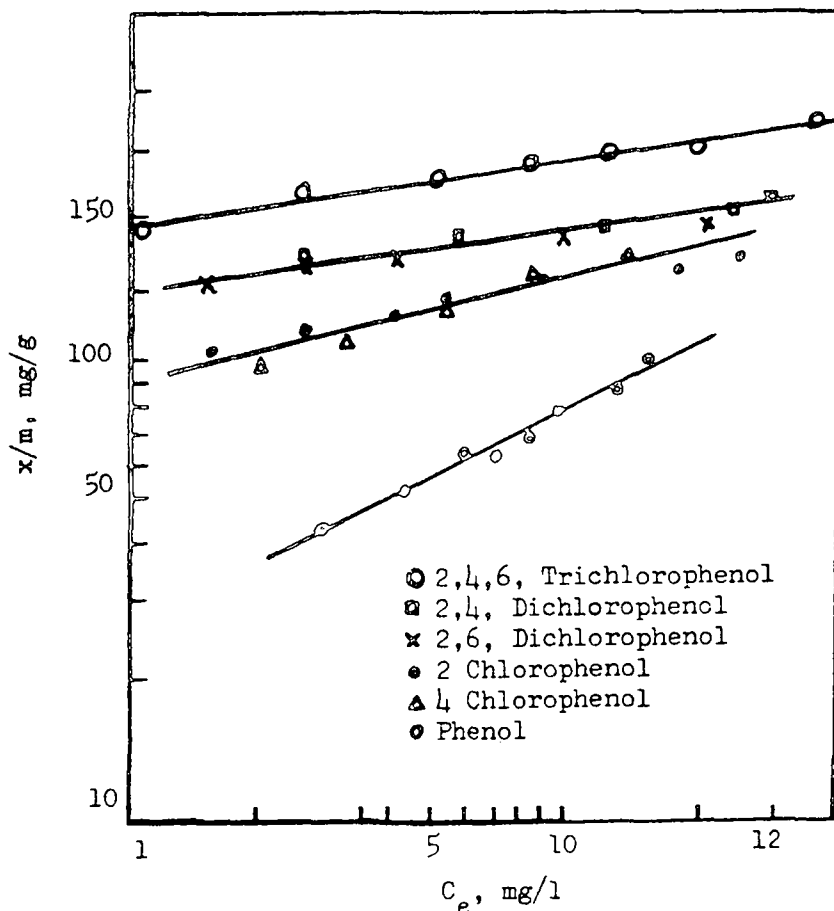
TABLEAU 1 : FREUNDLICH ADSORPTION ISOTHERM CONSTANTS FOR
TOXIC ORGANIC COMPOUNDS

Compound	K (µg/g)	1/n
bis(2-Ethylhexyl Phthalate	11.300	1.5
Butylbenzyl Phthalate	1.520	1.26
Heptachlor	1.220	0.95
Heptachlor Epoxide	1.038	0.70
Endosulfan Sulfate	686	0.81
Endrin	666	0.80
Fluoranthene	664	0.61
Aldrin	651	0.92
PCB-1232	630	0.73
beta-Endosulfan	615	0.83
Dieldrin	606	0.51
Hexachlorobenzene	450	0.60
Anthracene	376	0.70
4-Nitrobiphenyl	370	0.27
Fluorene	330	0.28
DDT	322	0.50
2-Acetylaminofluorene	318	0.12
alpha-BHC	303	0.43
Anethole	300	0.42
3,3-Dichlorobenzidine	300	0.20
2-Chloronaphthalene	280	0.46
Phenylmercuric Acetate	270	0.44
Hexachlorobutadiene	258	0.45
gamma-BHC (Lindane)	256	0.49
p-Nonylphenol	250	0.37
4-Dimethylaminoazobenzene	249	0.24
Chlordane	245	0.38
PCB-1221	242	0.70
DDE	232	0.37
Acridine Yellow	230	0.12
Benzidine Dihydrochloride	220	0.37
beta-BHC	220	0.49
n-Butylphthalate	220	0.45
n-Nitrosodiphenylamine	220	0.37
Phenanthrene	215	0.44
Dimethylphenylcarbinol	210	0.34
4-Aminobiphenyl	200	0.26
beta-Naphthol	200	0.26
alpha-Endosulfan	194	0.50
Acenaphthene	190	0.36
4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline)	190	0.64
Benzo [k] fluoranthene	181	0.57

(Extrait du Document F 4735)

.../...

FIGURE 1 : LOGARITHMIC FORM OF FREUNDLICH ADSORPTION ISOTHERMS
FOR PHENOLIC COMPOUNDS ON ACTIVATED CARBON



(Extrait du Document F 4735)

c) Utilisation de radiations

Les molécules organiques peuvent être dégradées par un bombardement de rayons gamma (56/O1587) ou par des faisceaux d'électrons à haute énergie (66/21913, 66/21916).

Pour créer des rayons γ on utilise une bombe à cobalt qui n'est pas sans danger pour les manipulations; on préfère donc la deuxième solution qui utilise des accélérateurs industriels de particules ou des accélérateurs médicaux. Le dosage se fait par des faisceaux dont l'énergie varie de 6 à 20 Méga électrons Volts (MeV), qui fonctionnent avec des fréquences plus ou

.../...

moins élevées. L'unité d'irradiation est le kilo rad. Le tableau 2 ci-dessous indique les résultats obtenus.

A l'heure actuelle, il ne s'agit que d'une méthode utilisée en laboratoire par le Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris et que l'on pourrait utiliser dans le cas de molécules particulièrement réfractaires aux autres traitements.

TABLEAU 2

Echantillons Doses d'irradiation	Seuils de goûts		type de goûts
	Eau de Seine à Ivry	Eau de Seine à Orly	
Témoin laboratoire	40	15	Moisi Vase
Témoin "suiveur"	40	12	Moisi Vase
5 Krad	35	10	Moisi Vase
10 Krad	20	6	Moisi
20 Krad	10	4	Moisi
50 Krad	2	2	Moisi
100 Krad	1	1	
500 Krad	1	1	

(Extrait du Document 66/21913)

3) Procédés utilisant l'oxydation

L'élimination des microorganismes pathogènes ou non et la dégradation des molécules de substances organiques peuvent s'effectuer par utilisation d'oxydants divers : le chlore et ses dérivés, l'ozone ou le permanganate de potassium; les autres produits oxydants classiques ne sont pas compatibles avec la potabilité de l'eau. Ce procédé d'oxydation convient donc tant à l'élimination des organismes responsables de goûts ou d'odeurs désagréables qu'à celle des substances organiques qui communiquent à l'eau des saveurs non acceptables par le consommateur (66/48914).

Il faut néanmoins rappeler que ces réactions d'oxydation s'appliquent essentiellement à des composés insaturés ce qui n'est pas le cas de la géosmine et de l'isobornéol (G 5733).

a) Chloration

C'est le procédé de désinfection le plus ancien et l'un des moins onéreux. L'addition de produit chloré (chlore gazeux, eau de chlore, bioxyde de chlore ...) a généralement l'inconvénient de communiquer un goût "d'eau de Javel" et même "de pharmacie" à l'eau. Il est donc paradoxal de vouloir l'utiliser pour l'élimination du goût de l'eau, cependant une préchloration peut conduire à l'élimination des algues ou autres microorganismes qui secrètent des substances désagréables au goût (56/01354).

Il semble cependant que le bioxyde de chlore donne de bons résultats avec les phénols car il y a rupture de la molécule et non pas formation de chlorophénol comme avec le chlore gazeux, un autre avantage est que le bioxyde de chlore peut présenter un résiduel qui maintient son efficacité, les quantités nécessaires sont de l'ordre de 0,25 ppm de ClO_2 (56/01849, 56/03078, 56/04341).

La chloration, quel que soit le produit utilisé, fait partie du traitement de l'eau et se retrouve presque constamment dans les stations de fabrication d'eau potable mais ce n'est généralement pas son but primordial que d'éliminer le goût de l'eau; on utilise au contraire parfois le charbon actif pour éliminer le goût du chlore en traitement de finition (66/46410, 66/46612).

On trouve dans la littérature un article concernant l'utilisation de l'acide sulfamique en présence de chlore ce qui prolonge le temps de vie du résiduel de chlore, mais il semble que l'intérêt réside surtout dans l'efficacité vis-à-vis des microorganismes (56/03048).

b) Ozonation

Ce procédé de désinfection et de traitement chimique de l'eau potable (craquage de molécules insaturés, action catalytique par création de radicaux libres ou oxydation) est largement utilisé en Europe. L'action de ce gaz sur certains goûts d'origine organique est incontestable; par contre, il n'a aucune action sur la géosmine ou l'isobornéol (voir figures 2 et 3). (66/31953).

Comme la chloration, l'ozonation intervient dans la filière de traitement de l'eau potable et c'est associée à d'autres procédés que cette méthode permet d'obtenir une eau de qualité organoleptique convenable (56/04341, 66/25625).

Les inconvénients de l'ozone viennent d'une part de ce qu'il n'y a pas de résiduel comme avec le chlore et d'autre part que son coût est tel qu'on ne peut l'envisager que pour des stations d'une certaine importance. On évalue à 1 ou 1,5 mg par litre la consommation d'ozone pour l'élimination des phénols et hydrocarbures (66/25895, 66/27724).

c) Traitement au permanganate de potassium

Il s'agit là aussi d'un produit d'oxydation et de désinfection classique puisque le permanganate de potassium est un oxydant puissant. Son utilisation est préconisée à la place de la préchloration dans la filière de traite-

ment dans un premier but qui est d'éviter la formation de précurseur du trihalométhane, mais cela permet d'agir sur les algues et les bactéries et d'atténuer certains goûts de l'eau (66/23065, 66/28162).

4) Traitements biologiques

Les traitements biologiques pour les eaux potables ne sont pas encore couramment utilisés. Cependant, on connaît depuis plusieurs décennies l'intérêt de la filtration lente qui s'apparente en fait à un lit bactérien de très faible épaisseur sur une couche de sable. L'élimination des matières organiques et de microorganismes n'est pas complète mais la qualité de l'eau est améliorée.

Depuis quelques années, des recherches sont menées en direction de procédés plus élaborés, particulièrement les cultures fixées. Il s'agit de souches microbiennes, spécialement adaptées à un type de polluant, que l'on dépose sur un matériau adsorbant (charbon actif, chamotte ...). On observe une amélioration de la qualité de l'eau vis-à-vis des goûts, odeurs, carbone organique total, haloformes ... Ces méthodes en sont au stade expérimental et leur coût est encore élevé mais les innovations dans le domaine de la biotechnologie devraient permettre à ces procédés de se développer à des coûts compétitifs (rapport qualité/prix de l'eau) vis-à-vis des traitements physico-chimiques décrits précédemment (66/44907).

C - TRAITEMENT DANS LES CANALISATIONS ET LES RÉSERVOIRS

L'eau issue de la station de traitement présente une qualité conforme à la législation concernant l'eau distribuée et le traiteur d'eau s'efforce d'assurer un goût agréable à l'eau qu'il fournit ce qui n'est pas toujours simple ni bon marché.

L'eau potable est ensuite acheminée par un réseau de distribution le plus souvent maillé afin d'éviter les stagnations, mais ce réseau n'est pas parfait; il présente des fuites, des points de corrosion ou d'entartrage, des "points morts" où l'eau ne circule pas souvent. Toutes ces anomalies conduisent à une dégradation de la qualité de l'eau tant sur le plan biologique que chimique ou organoleptique (66/42444, 66/42446, 66/42739, 66/43308).

Parfois, il se produit un phénomène de prolifération d'algues ou d'animalcules dans la canalisation elle-même ou dans un réservoir. Quelques microorganismes ont passé à travers la station de traitement et trouvent dans le réseau des conditions idéales (température, éléments nutritifs ...) pour leur développement. Lorsqu'il s'agit d'actinomycètes ou d'autres organismes qui produisent des substances de saveur désagréable, le distributeur d'eau doit faire face à une situation d'urgence pour ne pas gêner trop longtemps les consommateurs (66/17191).

On dispose de deux solutions pour remédier à ces incidents en réseau :

- remise en état du réseau par enduction des parois avec un mortier de

.../...

FIGURE 2 : INFLUENCE DU TAUX D'OZONE SUR LE SEUIL DE DEGUSTATION

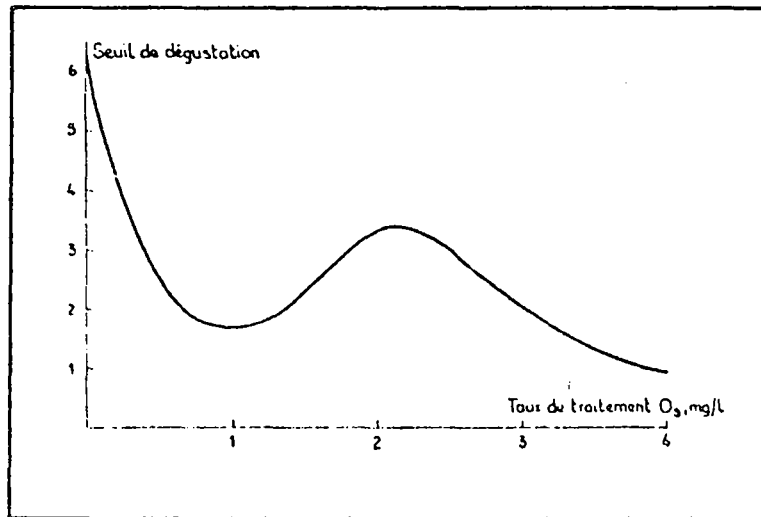
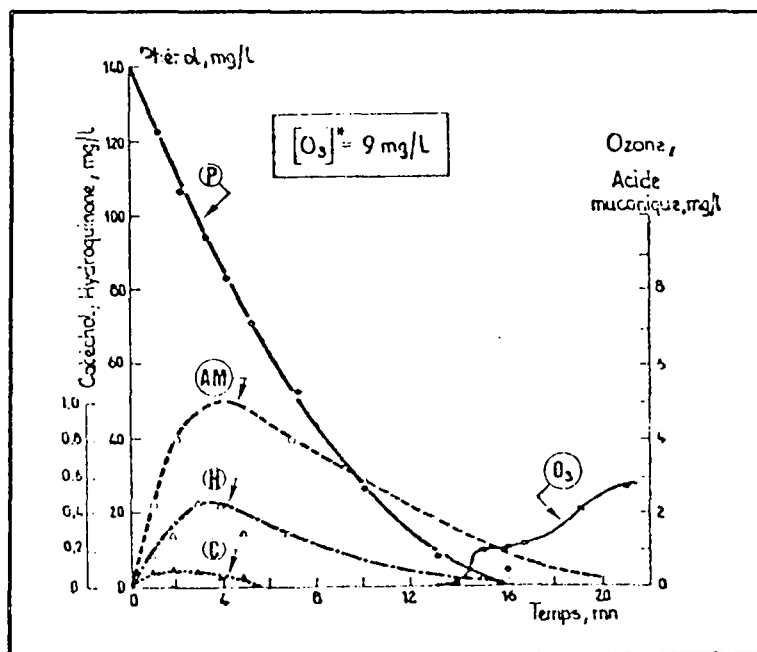


FIGURE 3 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN PHENOL, CATECHOL, HYDROQUINONE, ACIDE MUCONIQUE ET OZONE DISSOUS A PH 3,0



(Extraits du Document 66/31953)

ciment ou par revêtement avec une feuille de matière plastique tubulaire compatible avec les normes de conditionnement des produits alimentaires et enfin par changement des accessoires défectueux (en particulier les joints);

- désinfection du réseau : cette opération s'effectue généralement par tronçons que l'on isole; on introduit dans la portion de réseau une solution fortement chlorée ou de permanganate de potassium qu'on laisse agir plus ou moins longtemps (de 1/2 heure à 24 ou 48 heures) selon la concentration du liquide utilisé (voir synthèse AFEE sur la "Fiabilité de la distribution d'eau potable - L'entretien des réseaux d'eau").

D - QUELQUES SUGGESTIONS

Tout au long de cette étude, on a vu la complexité du problème du goût de l'eau. En effet, il s'agit rarement d'un phénomène chronique, on constate souvent une pollution accidentelle (pesticides, hydrocarbures, phénols ...) ou une manifestation saisonnière (microorganismes sécrétant des substances au goût désagréable). De plus, l'apparition d'un goût est toujours très mal ressentie par le consommateur alors même que la composition de l'eau s'avère parfaitement conforme aux critères de qualité édictés par la législation.

Le responsable de la distribution doit faire en sorte que son installation, tant au niveau de la station de traitement que du réseau, puisse répondre rapidement aussi bien à la détérioration de toutes les qualités organoleptiques, car elle est ressentie par l'utilisateur, qu'à celle des qualités chimiques et bactériologiques qui présentent des risques pour la santé de la population, et ce évidemment au moindre coût ! (56/04831).

Pour cela il est nécessaire de pouvoir effectuer des contrôles qualitatifs et dans le cas particulier du goût de l'eau, une équipe de goûteurs présente de grands avantages mais le coût en salaire est redhibitoire pour la plupart des collectivités locales, on doit souvent se contenter de méthodes analytiques simples qui ne rendent pas toujours compte des problèmes.

On doit prévoir aussi des possibilités de prétraitement (storage, préchloration, addition de permanganate, microfiltration, traitement au sulfate de cuivre ...) sans que celui-ci soit systématique et obligatoire. Le storage a l'avantage de cumuler les fonctions réservoir et l'élimination de certaines substances nutritives mais il n'a généralement pas un grand intérêt sur le plan du goût.

La filière elle-même doit présenter une certaine souplesse pour pouvoir faire face à des modifications de qualité de l'eau (66/32667, 66/37935).

Il est évident que l'automatisation des stations, où chaque phase de traitement est asservie à un critère de qualité, présente le plus d'avantages mais les coûts d'investissement et d'exploitation sont tels qu'on ne peut envisager cette automatisation que pour les stations importantes. Pour les petites stations, il faut prévoir un stock de réactifs comme par exemple du charbon actif en grain ou des produits solides de chloration qui sont faciles à manipuler et à utiliser en cas d'incident.

Le distributeur d'eau doit veiller à ce que la chloration quelle que soit sa place dans la filière ne donne pas un goût de chlore ou de pharmacie qui serait mal ressenti par le consommateur.

Pour le réseau, il faudrait pouvoir effectuer des contrôles réguliers et définir une politique de remise en état systématique et périodique des conduites et de leurs accessoires. Il faudra aussi veiller à contrôler les remises en solutions éventuelles de substances communiquant du goût à l'eau (relargage de monomère dans les tuyaux en matière plastique ou redissolution de dépôts formés au cours du temps (tartre, rouille ...) (66/42444, 66/42446).



LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- F 1972 X ...
"Water treatment plant design"
AWWA, ASCE, CSSE, 1969, 353 pages
- F 4735 FAUST S.D., ALY O.M.
"Chemistry of water treatment"
Butterworths, Boston, 1983, 723 pages
- G 1681/268 SNOEYINK V.L., McCREARY J.J., MURIN C.J.
"Activated carbon adsorption of trace organic compounds"
EPA-600/2-77-223, Décembre 1977, 116 pages
- G 4585 X ...
"Pollution organoleptique de la Seine - Elimination des
goûts par le charbon actif en poudre"
C.G.E., Avril 1977, 49 pages
- G 5733 X ...
"Les métabolites sapides d'origine biologique dans les
filières de traitement d'eau potable"
Agence S.N. - E.N.S.C. de Rennes, Janvier 1979, 7 pages
- 56/O1354 REBHUN M., FOX M.A., SLESS J.B.
"Chlorination of odorants from algal blooms"
JAWWA, n° 4, 1971, p. 219-224
- 56/O1587 VAJDIC A.H.
"Gamma-ray treatment of tastes and odors"
JAWWA, Juillet 1971, p. 459-461
- 56/O1713 GIBBON B.
"Belleville's microstrainers maintain filter flowrates"
Water and Poll. Control, Juin 1971, p. 24-25
- 56/O1849 THIELEMANN H.
"Zur Problematik der Chlordioxidbehandlung
phenolverunreinigter Trink- und Oberflächenwässer"
Gesundheits-Ing., Janvier 1971, p. 295-299
- 56/O2759 HANSEN R.E.
"Granular carbon filters for taste and odor removal"
JAWWA, Mars 1972, p. 176-181
- 56/O3048 MURRAY W.B.
"Taste and odor control with sulfamic acid"
JAWWA, Avril 1972, p. 259-261

.../...

- 56/03078 TOUSSAINT M.
"Le bioxyde de chlore et le traitement des eaux potables"
CEBEDEAU, Mai 1972, n° 342, p. 260-266
- 56/04341 ATKINSON J.W., PALIN A.T.
"L'oxydation chimique dans le traitement de l'eau"
9ème Congrès AIDE, NY, 1972, p. E1-E19
- 56/04831 COURCHAINE C., ERICKSON J., CLELAND J.
"Taste and odor producing substances escalate water
treatment costs"
Public Works, Août 1972, p. 62-65
- 66/17191 VIGOURET J.
"Actinomycètes : source de goûts et d'odeurs pour l'eau
potable - traitements physico-chimiques en vue de leur
élimination"
Eau et Ind., 1978, n° 27, p. 36-42
- 66/21913 MONTIEL A.
"Utilisation des faisceaux d'électrons à haute énergie
par l'éradication des goûts et odeurs de moisi des eaux"
Serv. Contrôle des Eaux Ville de Paris, 1978, 25 pages
- 66/21916 MONTIEL A.
"Traitement des eaux par des faisceaux à haute énergie"
Congrès GRUTTEE, 1979, 33 pages
- 66/23065 PESKATOR H.
"Nothing fishy about using potassium permanganate"
Water and Sewage Works, Mai 1979, p. 64-66
- 66/25625 MOUCHET J., MONTIEL A.
"Contribution de l'ozone au traitement des eaux destinées
à l'alimentation humaine"
Eau et Ind., n° 41-42, 1980, p. 59-67
- 66/25895 SCHALEKAMP M.
"Vergleiche zwischen zwei Ozonanlagen mit normaler und
erhöhter Frequenz sowie zwischen der Wirkung bei einer
Dosierung von 1 bzw. 5 Milligramm Ozon pro Liter"
Gaz - Eaux - Eaux usées, 1980, n° 5, p. 159-166
- 66/27724 LEPAGE W.L.
"The anatomy of an ozone plant"
JAWWA, 73, n° 2, 1981, p. 105-111
- 66/28162 FICEK K.J., BOLL J.E.
"Potassium permanganate : an alternative to prechlorination"
Aqua, 1980, p. 0153-0156
- 66/31309 JENSEN P.K.
"Practical experiences in plants using activated carbon"
Aqua, n° 5, 1981, p. 0321-0329

- 66/31352 LEMARCHAND D., LE MARECHAL A., MARTIN G.
"Charbon actif et matières organiques dans le traitement
de l'eau potable"
T.S.M. L'Eau, Novembre 1981, p. 561-566
- 66/31953 RICHARD Y.
"Les nouvelles applications de l'ozone en traitement d'eau
de consommation"
T.S.M. L'Eau, Janvier 1982, p. 3-10
- 66/32667 SUMNER A.M.
"Some experiences in the treatment of river Dee water
for public supply"
JIWES, 1975, 33, n° 5, p. 455-466
- 66/36192 MONTIEL A.
"Industrial drinking water treatment procedures for taste
and odor abatment"
Serv. Contrôle des Eaux Ville de Paris, 1982, 30 pages
- 66/37935 DAVIS S.L.
"Evaluation of taste and odor reduction processes by pilot
plant operations"
Proc. AWWA Conf. Mai 1982 Miami, p. 425-453
- 66/42444 KUMPERA F.
"Der Innenschutz von Rohrleitungen unter besonderer
Berücksichtigung der Zementmörtelauskleidung"
Gas/Wasser/Wärme, 38, 1984, p. 41-44
- 66/42446 UUSKUS L.R.
"Reducing tetrachloroethylene in vinyl-lined asbestos-
cement pipes through cement-mortar linings"
JAWWA, 1984, 76, n° 2, p. 76-81
- 66/42739 SCHOENEN D., KARRENBROCK F.
"Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen des
Trinkwassers durch Werkstoffe"
GWF-Wasser/Abwasser, 125, 1984, p. 142-145
- 66/43308 STINSON K.B., CARNS K.E.
"Ensuring water quality in a distribution system"
J. Env. Eng., 1983, 109, n° 2, p. 289-304
- 66/44364 LALESARY S., PIRBAZARI M., McGUIRE M.J.
"Air stripping of taste and odor compounds from water"
JAWWA, 1984, 76, n° 3, p. 83-87
- 66/44541 McGUIRE M.J., JONES R.M., MEANS E.G.
"Controlling attached blue-green algae with copper sulfate"
JAWWA, 1984, 76, n° 5, p. 60-65

.../...

- 66/44907 NEUKRUG H.M., SMITH M.G., MALONEY S.W.
"Biological activated carbon - at what cost"
JAWWA, 1984, 76, n° 4, p. 158-167
- 66/46410 BARRETT S.E., DAVIS M.K., McGUIRE M.J.
"Blending chloraminated and chlorinated waters"
JAWWA, 1985, 77, n° 1, p. 50-61
- 66/46612 DICE J.C., KREFT P., HACK D.J.
"Chloramines : a practical alternative"
JAWWA, 1985, 77, n° 1, p. 33-49
- 66/48914 KAS YANCHUK R.S., LIZUNOV V.V., TARAN P.N.
"Décomposition of aliphatic amines in dilute aqueous
solutions under the effect of active chlorine and ozone"
J. Water Techn., 1985, 7, n° 1, p. 25-28
-

CONCLUSION

Pour le consommateur, l'eau potable doit avoir bon goût. Une enquête récente effectuée dans l'Est de la France a montré que la majorité d'une population desservie par une eau de qualité sanitaire médiocre arrêterait de boire cette eau si on y ajoutait du chlore.

Il est donc de l'intérêt du distributeur d'eau de fournir un produit de bonne qualité gustative.

Les causes du mauvais goût de l'eau sont diverses mais il s'agit toujours de produits chimiques naturels ou de synthèse, minéraux ou organiques. Le seuil de perception de tous ces produits est très variable et il peut être modifié, avec antagonisme ou synergie, par la présence d'autres produits.

La sécheresse de 1976 a révélé en France le problème de la géosmine et de l'isobornéol qui était déjà connu dans d'autres pays. Il concerne des substances provenant d'algues ou d'autres organismes qui communiquent à l'eau, même en de faibles quantités, un goût désagréable. Or, il s'agit d'un phénomène saisonnier, les microorganismes trouvent à un moment donné des conditions idéales à leur prolifération, puis le milieu change de température, de pH ou de composition et ce "boom" biologique s'arrête.

Le traiteur d'eau se doit donc d'être très attentif au goût de l'eau qu'il distribue. Les grandes villes ont des goûteurs d'eau au palais très sensible qui permettent d'alerter très vite les responsables de la production mais toutes les collectivités ne peuvent pas assurer un tel service.

Un contrôle classique de la qualité ne rend généralement pas compte de la saveur d'une eau et il faut donc attendre les plaintes des consommateurs pour agir.

On essaie donc de parer à ce désagrément en mettant en place une série de traitements de l'eau qui élimine la plus grande partie des substances responsables. La filière de traitement classique contre les mauvais goûts comporte un prétraitement par le chlore, l'ozone ou le permanganate, une adsorption sur charbon actif en poudre ou en grain et une oxydation finale à l'ozone et/ou au chlore de telle sorte qu'un peu de chlore reste en solution dans l'eau. Les autres postes du traitement de l'eau (floculation-décantation ou filtration) n'ont généralement pas d'effet sur le goût.

- - - -

Le problème du goût de l'eau préoccupe sérieusement les distributeurs d'eau; on peut signaler trois colloques en 1986 sur ce sujet :

- Journées Internationales d'Etude de Maisons-Laffitte : 7 Mars 1986
- Colloque de Mulhouse organisé par l'Association Internationale des Distributeurs d'eau : 9-10 Avril 1986
- Colloque AGHTM, Barcelone : 13 Mai 1986.