

dent pas le gaspillage de l'eau comme un mal. L'exemple d'Amsterdam — où toute la population est alimentée par le service municipal, où, pour 37 600 abonnés, il n'y a que 5 250 compteurs, ce qui donne 34 000 abonnements à forfait — prouve qu'avec un peu de soin on peut satisfaire à toutes les exigences raisonnables sans devoir pomper des quantités excessives.

Les consommations, par 24 heures, ont été :

EAUX.	MAXIMUM		MINIMUM		MOYENNE		Moyenne = 100 Proportion du	
	total en M ³ .	par tête en litres.	total en M ³ .	par tête en litres.	total en M ³ .	par tête en litres	maxi- mum	mini- mum.
A. Dunes	32669	62.8	18994	36.5	24537	47.1	133.1	77.4
B. Vecht	25124	48.3	9828	18.9	16786	32.2	149.1	58.6
	57793	111.4	28822	55.4	41323	79.3	»	»
C. Source	3637	410.2	1604	48.6	2570	77.9	141.5	62.4
	58674		31203		43893			

Pour comparer la consommation par tête d'Amsterdam proprement dit avec le district particulier de Nieuw Amstel, il faut additionner l'eau des dunes et l'eau de rivière (Vecht). On trouve alors des chiffres sensiblement concordants, sauf pour le minimum, où il y a environ 7 litres par tête de plus à Amsterdam, ce qui est beaucoup. Il faudrait connaître dans le détail les circonstances locales pour risquer une explication.

Les proportions en fonction de la moyenne, mise égale à 100, des consommations maximum et minimum sont à peu près ce que l'on a constaté ailleurs. Il n'y a que le minimum pour l'eau de rivière qui soit remarquable : seulement 58.6 % de la moyenne, correspondant à 18.9 litres par tête. Ce minimum s'est produit le dimanche 18 février. L'absence d'arrosage en cette saison et le chômage du travail industriel le dimanche expliquent ce chiffre.

Il y a un tableau donnant les *dates de consommation minimum* par

mois, pour les dimanches et les jours ouvrables. Généralement, dans les distributions, abstraction faite du dimanche, ce jour est un lundi. De 4 à 6 heures du matin, il y a une poussée : les usines importantes remplissent leurs chaudières; mais cet emploi est compensé par une forte diminution de consommation pendant l'après-midi : on fête la saint-lundi. Les tableaux pour l'eau des dunes et pour l'eau de source montrent quatre fois que les deux jours successifs de faible consommation sont le dimanche et le lundi. Mais ce qui est tout à fait étrange, c'est que pour l'eau du Vecht cette même succession ne se produit qu'une seule fois, tandis qu'il y a quatre fois la succession samedi-dimanche. Alors que partout ailleurs le samedi donne le maximum, c'est un jour de minimum pour l'eau industrielle à Amsterdam. La présence d'une assez nombreuse population juive pourrait-elle rendre compte de cette anomalie?

L'eau des dunes est encore filtrée. C'est un point qu'il importe de mettre en lumière, car on entend souvent parler de l'eau des dunes comme étant « naturellement pure », et des projets pour la côte belge ont même été élaborés comportant uniquement le drainage des dunes et se référant à l'exemple de la Hollande. Or, des onze distributions existant en Hollande et puisant dans les dunes, toutes filtrent encore au sable, non seulement pour l'épuration bactériologique, mais aussi pour enlever le fer; plusieurs ont des installations spéciales d'aéragage pour faciliter l'oxydation des composés ferreux, et même à Delft on traite régulièrement par l'alun pour enlever la couleur (1).

Il est vrai que dans plusieurs cas, et notamment pour Amsterdam, les méthodes de drainage sont assez primitives, consistant en simples rigoles à ciel ouvert; mais les communes qui ont des drains enterrés ont quand même encore des filtres. Vers le milieu du mois d'août 1900, le canal amenant l'eau de la région drainée à l'usine, pour Amsterdam, a été remplacé par un tuyau de fonte; le degré d'oxydabilité de l'eau (par la méthode au permanganate) aurait été sensiblement réduit : la moyenne serait en effet 0^{gr},0083 par litre (en corrigeant une faute d'impression pour la moyenne du mois d'octobre) pour les quatre derniers mois de 1900, contre 0^{gr},0109 pour 1899. Mais pour l'année 1898, cette même moyenne n'est que de 0^{gr},0066. Il y a donc des variations annuelles assez étendues, et il faudra attendre l'expérience

(1) H.-P.-N. HALBERTSMA. — *De ontwikkeling van den aanleg der waterleidingen in Nederland.* — *De opmerker*, April en Mei 1901. (*Le développement des distributions d'eau en Hollande.*)

d'une période plus longue pour savoir si cette amélioration, du reste plausible, est réalisée en fait.

La composition chimique de l'eau des dunes avant et après filtrage est en moyenne comme suit, en grammes, par litre :

	Eau brute.	Eau filtrée.
Couleur (gr. caramel par litre)	0.010 ¹ / ₂	0.005
Résidu solide (à 180 c.)	0.350	0.344
Perte à la calcination	0.0209	0.0201
Oxyde ferrique.	0.00117	0
Chlore.	0.034	0.034
Ammoniaque libre	0.00029	0
Ammoniaque albuminoïde.	0.00011	0.00005
Permanganate réduit	0.0097	0.0053
Dureté (en CaO).	0.1477	0.147
Oxygène (centimètres cubes)	6.62	5.33
Microbes, par centimètre cube, environ	3000	150

Au point de vue chimique, le résultat du filtrage est normal : absorption totale de l'ammoniaque libre, forte réduction de l'ammoniaque albuminoïde (avec une eau de très bonne composition, le pourcentage de réduction reste au-dessous des 75 % ordinaires), réduction de 45 % dans l'oxydabilité. L'enlèvement de la couleur (50 %) est beaucoup plus marqué que ne le donnent, par exemple, les expériences américaines, où ce point a été spécialement étudié par Allen Hazen. C'est que probablement la couleur de l'eau primitive est surtout due au fer et non à des acides humiques.

La réduction de l'oxydabilité est de 0^{gr},0044 par litre ; mais la perte par calcination du résidu solide ne change que de 0^{gr},0008. En admettant que 1 de permanganate puisse détruire 5 de matières organiques, la perte de calcination aurait dû diminuer de 0^{gr},022, soit environ trente fois plus, et plus que la perte primitive, qui n'est que de 0^{gr},0209. Cela démontre une fois de plus combien il est peu légitime de considérer la réaction du permanganate comme donnant, même d'une façon approchée, une idée du poids réel des matières organiques. Il y a lieu de rappeler à ce propos les travaux de M. Klement, du Musée de Bruxelles, mentionnés dans mon étude sur la couleur des eaux (1).

(1) Bulletin de la Société belge de Géologie. MÉMOIRES, t. IX, 1896.

L'influence du filtrage sur l'*oxygène dissous* dans l'eau est un fait nouveau. Déjà dans le rapport de 1898, il y avait des études à ce sujet : la détermination de l'oxygène dans l'eau filtrée pendant vingt-quatre heures consécutives, à chaque heure. La courbe (que j'ai dû construire d'après les chiffres) ne montre pas grand'chose pour une expérience faite en mars ; elle oscille assez irrégulièrement entre 7^{cc},71 et 8^{cc},27. De midi à 3 heures, elle s'abaisse régulièrement ; puis elle oscille jusqu'à 6 heures du soir ; elle est beaucoup plus haut à 7 heures, subit une légère dépression jusqu'à 9 heures, remonte jusqu'à 11 heures, où elle atteint le maximum, pour s'abaisser assez brusquement jusqu'à minuit ; jusqu'au midi suivant, elle est très irrégulière, mais plus haute que pendant l'après-midi du jour précédent. On aurait donc un maximum d'oxydation de l'eau filtrée à 11 heures du soir et un minimum de 2 à 5 heures de l'après-midi.

Pour une expérience faite en septembre, les résultats sont beaucoup plus nets. L'amplitude de la variation est plus considérable, de 4^{cc},03 à 8^{cc},16. De 8 heures du matin jusqu'à 2 heures de l'après-midi, la ligne monte régulièrement avec une grande rapidité ; elle continue à monter, mais beaucoup plus lentement, jusque vers 5 heures de l'après-midi, s'abaisse lentement jusque vers 9 heures, puis subit une chute plus rapide et régulière pendant tout le restant de la nuit, pour atteindre un minimum à 8 heures du matin. La courbe présente donc nettement un maximum pendant toute l'après-midi et un minimum pendant les premières heures de la matinée.

L'explication (page 40 du rapport de 1898) est que la diminution de l'oxygène est amenée par la pullulation des microbes sur les filtres. Les variations diurnes seraient dues à un deuxième phénomène : l'action des algues vertes, qui, sous l'influence de la lumière solaire, décomposent l'acide carbonique et dégagent de l'oxygène. La perte d'oxygène par absorption par les bactéries peut donc être plus ou moins compensée par l'activité des végétaux ; on conçoit qu'elle puisse même être plus que compensée, et c'est ce qui se produit. En effet, les analyses pour 1900 (moyennes mensuelles) montrent que, en septembre, l'eau filtrée a presque autant d'oxygène que l'eau brute et qu'en octobre, elle dépasse l'eau brute. Ces dates sont assez imprévues, car elles ne sont pas celles où la végétation a son optimum ; de même, l'époque de plus grande différence pour l'oxygénation des deux eaux tombe en juillet ; d'après mon expérience personnelle, c'est le moment de la pullulation des oscillaires, énergiques producteurs d'oxydation tant qu'ils sont vivants, mais fort sensibles aux variations de tempéra-

ture et donnant lieu à une putréfaction rapide quand ils sont morts. Les deux phénomènes sont évidemment de sens contraire; ils peuvent brusquement alterner. Dans ces conditions, des moyennes mensuelles sont insuffisantes pour débrouiller cette complication, et des observations régulières de la flore seraient de la plus grande utilité pour la compréhension des analyses chimiques.

Les moyennes mensuelles montrent nettement un minimum d'oxygène en été. C'est peut-être une conséquence purement physique de la moindre solubilité des gaz à mesure que la température s'élève. Des valeurs absolues peuvent donner une idée peu adéquate de la situation réelle; il faudrait les recalculer en fonction de la capacité de saturation, comme on fait pour l'état hygrométrique de l'air.

La *vitesse de filtrage* est fonction, non seulement de la consommation d'eau par vingt-quatre heures et de la surface filtrante, mais aussi de la répartition de la consommation totale d'un jour entre les diverses heures; les quantités pompées par heure peuvent varier de 1 à 8 ou 10. Or, comme la régularité du débit est une condition essentielle de la bonne marche du filtrage, il s'ensuit qu'il faut compenser les irrégularités de la consommation par un emmagasinage de l'eau filtrée en excès pendant les heures de faible consommation, pour l'employer pendant les heures où le consommateur prend plus que les filtres ne donnent. Sur ce point vital, la situation à Amsterdam est tout à fait remarquable et probablement unique; cette situation n'est pas bien difficile à expliquer: il n'y a pas de réserve du tout. A ce sujet, le rapport de 1899 se réfère laconiquement à celui de 1897; celui-ci dit que « l'eau, après filtrage, est partiellement reçue dans un réservoir en maçonnerie, d'environ 1 000 mètres cubes de capacité, » et ajoute flegmatiquement: « il n'y a pas de remarque spéciale à faire ». Le rapport pour 1900 signale qu'à la suite de l'addition d'un nouveau filtre et de changements au tuyautage, le réservoir existant est pratiquement hors de service. Jusqu'à l'achèvement des nouvelles installations, perdure par conséquent un « état transitoire ».

Il y a sept filtres, d'une surface totale de 19 200 mètres carrés. Pour une consommation moyenne de 24 500 mètres cubes par jour; cela fait une colonne d'eau de 1^m,276 par vingt-quatre heures ou un peu plus de 5 ¹/₃ centimètres par heure, soit la moitié du débit normal; seulement, en été, on consomme un tiers de plus; les filtres ne marchent que trois ou quatre jours; ce qui fait qu'il y en a alors trois sur sept hors d'usage et les quatre restants doivent faire la besogne; la vitesse moyenne devient donc $5 \frac{1}{3} + \frac{1}{3} 5,5 \times \frac{7}{4} = 13$ cen-

timètres par heure. Et les variations diurnes de la consommation, qui se répercutent directement sur les filtres sans atténuation, rendent tout filtrage scientifique impossible. C'est ce qui explique la moyenne assez élevée de cent cinquante microbes par centimètre cube, correspondant à une amélioration de seulement 95 %, qui descend parfois en été à 85 %.

La courte durée d'un filtre — seulement trois jours à certaines époques — est d'autant plus étonnante qu'il s'agit d'une eau déjà très pure, captée dans des sables fins. Mais elle contient parfois en suspension des parcelles d'oxyde de fer, surtout quand le niveau s'abaisse.

Le filtrage de l'eau industrielle est également une particularité d'Amsterdam. Les eaux du Vecht sont très présentables, et pour l'usage auquel elles doivent servir, le filtrage apparaît quelque peu comme du luxe. Il faut connaître l'historique de la distribution d'eau à Amsterdam pour comprendre la situation. L'alimentation avait été concédée à une compagnie anglaise; pour épargner l'eau des dunes, qui n'existe pas en quantité illimitée, on fit la deuxième canalisation avec de l'eau de rivière, mais la municipalité exigea le filtrage. La compagnie concessionnaire donna satisfaction à la ville avec d'autant plus d'empressement qu'elle comptait quelque peu sur l'eau du Vecht filtrée pour parfaire l'insuffisance de l'eau des dunes; mais la municipalité fit la sourde oreille. Il est douteux que l'on eût songé à filtrer l'eau industrielle, si l'affaire avait été uniquement municipale.

On est ainsi arrivé Amsterdam, non-seulement à filtrer l'eau industrielle, mais même à la filtrer avec beaucoup plus de soins que l'eau d'alimentation, ce qui fait qu'au point de vue bactériologique les deux eaux se valent.

La composition de l'eau du Vecht avant et après filtrage est résumée dans le tableau suivant :

	Eau brute.	Eau filtrée.
Couleur.	0gr,0152	0gr,0102
Résidu solide	0gr,447	0gr,442
Perte à la calcination.	0gr,0396	0gr,0391
Oxyde ferrique.	traces	0
Chlore	0gr,129	0gr,129
Ammoniaque libre.	0gr,00014 1/2	0
Ammoniaque albuminoïde	0gr,000164	0gr,00010
Permanganate réduit.	0gr,0151	0gr,0101
Dureté (en CaO)	0gr,1308	0gr,1295
Oxygène (en centimètres cubes)	7cc,52	5cc,44

La comparaison avec l'eau des dunes fait ressortir des détails intéressants.

La couleur de l'eau naturelle est de moitié plus forte que celle des dunes et le filtrage ne réduit que d'un tiers au lieu d'un demi; l'eau filtrée du Vecht a la même intensité que l'eau brute des dunes et le double de la couleur de cette eau filtrée. C'est que la couleur est due, non à du fer dissous (qui manque la plupart du temps), mais à des matières organiques; de là, le haut titre de permanganate et la perte plus notable par calcination. Ces matières sont plus difficiles à réduire; il reste assez bien de couleur et le permanganate n'est diminué que d'un tiers, au lieu d'environ la moitié, comme pour l'eau des dunes. L'eau brute est plus oxygénée, mais l'eau filtrée est comme l'eau filtrée du Vecht; la perte d'oxygène par filtrage est donc plus grande. Enfin, il y a beaucoup plus de chlore et la proportion de cet élément varie du simple à plus du double : 180 milligrammes à 182.

Il faut encore tenir compte des installations. La quantité d'eau du Vecht à fournir n'est en moyenne que les deux tiers de celle des dunes; la surface filtrante est cependant plus grande de 2 700 mètres carrés; mais il y a le désavantage que les filtres sont individuellement plus grands; il n'y en a que quatre pour le Vecht, contre sept pour l'eau des dunes. L'absence d'oxyde ferrique ne donne pas un colmatage aussi rapide; la durée minimum d'un filtre est de six à treize jours, contre trois aux dunes. Enfin, il y a un réservoir d'eau pure de 2 000 mètres cubes. Aux dunes, le filtrage est forcément irrégulier et sa vitesse excessive; au Vecht, le travail est plus uniforme et la vitesse doit être beaucoup moindre, sans qu'on puisse toutefois savoir de combien elle est, car les chiffres donnés des moyennes hebdomadaires sont irrelevants.

En somme, la situation est incomparablement plus favorable au Vecht qu'aux dunes. Cette dernière eau est bien originellement plus pure, mais le Vecht n'en est pas moins une très bonne rivière. Le filtrage devrait opérer une amélioration beaucoup plus considérable que celle qu'on obtient.

Quelles peuvent être les causes de cet insuccès relatif? Les divers rapports annuels signalent le fait de la non-étanchéité des filtres et du réservoir; depuis longtemps, ces constructions paraissent être dans un état peu satisfaisant. Les filtres peuvent donc perdre de l'eau; s'il n'a pas été tenu compte de cette perturbation dans l'évaluation du débit, la vitesse de filtrage est en réalité supérieure à celle renseignée. Mais l'eau du sous-sol peut ainsi pénétrer dans les filtres; c'est une