

DIVERSES SUBSTANCES PRÉSENTES DANS LES EAUX À TRAITER

L'eau utilisée pour la production d'eau destinée à la consommation humaine contient nombre de composants à éliminer totalement ou partiellement : matières en suspension, matières organiques, micropolluants organiques et/ou minéraux, micro-organismes (bactéries, virus...). Mais elle contient aussi des éléments bénéfiques pour la santé : calcium, magnésium, sels minéraux. Il est donc nécessaire de caractériser précisément sa composition afin de connaître les paramètres à corriger, et pouvoir la traiter correctement. Les traitements visent, non seulement à éliminer les composants indésirables, mais aussi à améliorer les qualités organoleptiques de l'eau, et à limiter les phénomènes de corrosion ou d'entartrage des équipements et des réseaux.

RÉGLEMENTATION

La directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998, et sa transposition en droit français par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001, codifié en 2003 dans le code des la santé publique (voir Memotec n°12), précisent les références et limites de qualité pour ce qui concerne l'eau destinée à la consommation humaine. Ils fixent aussi des normes de qualité pour l'eau brute, ainsi que les programmes d'analyses aux divers points de contrôle de la qualité de l'eau (brute et traitée). Ce sont les premiers textes de réglementation à avoir imposé que des analyses d'eau traitée soient réalisées, non seulement en sortie d'usine, mais également au robinet du consommateur. En effet, les caractéristiques de l'eau peuvent changer dans le réseau (dissolution de métaux, précipitation du carbonate de calcium...), et ces variations doivent être prises en compte au niveau des processus de traitement.

LECTURE D'UNE ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Les éléments minimum à mesurer

Un bulletin d'analyse peut être plus ou moins complet, mais il devrait au moins correspondre au contenu des analyses de routine P1 (au point de mise en distribution) et D1 (au robinet de distribution) définies dans le décret n°2001-1220. Parmi les éléments à connaître absolument, on doit y trouver notamment des informations relatives à :

- l'équilibre calco-carbonique de l'eau. Pour cela, il faut quantifier les espèces chimiques suivantes : les ions bicarbonates HCO_3^- , les ions calcium Ca_2^+ et magnésium Mg_2^+ , ainsi que le pH (voir Memotec n°6) ;
- la teneur de l'eau en matières organiques. Pour cela, on peut avoir le résultat d'une mesure d'oxydabilité au KMnO_4 en milieu acide, de la DBO_5 , de la DCO, du COT et, dans une moindre mesure, de la turbidité. Ces paramètres ne représentent pas la même chose, on peut cependant utiliser la relation approximative liant certains d'entre eux : $\text{DCO} \sim 1,5 \text{ à } 2 \text{ DBO}_5 \sim \text{Oxydabilité } \text{KMnO}_4$ (voir Memotec n°25).

Première interprétation d'une analyse

La balance ionique : l'analyse physico-chimique d'une eau comporte obligatoirement les éléments nécessaires à l'établissement de sa balance ionique : on vérifie alors que la somme des cations est égale à celle des anions, pour ses ions majeurs : calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations ; chlorures, sulfates, nitrates et bicarbonates pour les anions. On admet qu'une différence peut exister entre la somme des anions et celle des cations, mais elle ne doit pas excéder 2% (sommes exprimées en milliequivalent par litre). Dans le cas contraire, on peut suspecter des erreurs de manipulation ou de mesure. Il est alors nécessaire de refaire l'analyse dans sa totalité.

La minéralisation d'une eau : cette caractéristique peut être approchée par la valeur du résidu sec, à savoir ce qui est obtenu après que l'échantillon ait été porté à 180°C. A cette température, une partie des bicarbonates est transformée en carbonates. La valeur théorique des sels dissous totaux (SDT) est alors obtenue grâce à l'équation ci-contre.

$$\text{SDT (mg/L)} = \text{résidu sec (mg/l)} + 0,5 [\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)}$$

La réglementation n'indique pas de référence de qualité concernant la minéralisation. Par contre, elle en fournit une concernant la conductivité, qui doit être comprise entre 180 et 1000 $\mu\text{S/cm}$ à 20°C. Des relations permettent de calculer approximativement la minéralisation à partir de la conductivité. Exemple : pour une température de 20°C et une conductivité comprise entre 166 et 333 $\mu\text{S/cm}$, on peut évaluer la minéralisation grâce à la formule suivante :

$$\text{SDT (mg/L)} = 0,77 \times \text{conductivité } (\mu\text{S/cm})$$

Le caractère agressif ou incrustant : il dépend de plusieurs paramètres : la minéralisation, la température, le TH calcique et le TAC. Plusieurs indices permettent de l'évaluer, parmi lesquels l'indice de Langelier est le plus utilisé (voir memotec n°17). Il est aussi possible d'utiliser la méthode de Legrand-Poirier-Leroy, qui a été mise en œuvre dans plusieurs logiciels informatiques.

La dureté de l'eau : elle correspond à la présence de sels de calcium et de magnésium dans l'eau. En fonction de leur dureté, définie par le Titre Hydrotimétrique (TH), les eaux peuvent être classées suivant les indications du tableau 1.

TH (°F)	SPÉCIFICITÉ DE L'EAU
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 et plus	Eau très dure

Tableau 1

Le caractère corrosif d'une eau : deux indices principaux permettent de déterminer le caractère corrosif d'une eau, l'indice de Larson et l'indice de Leroy (voir Memotec n°17). L'indice de Larson permet de déterminer la corrosivité d'une eau à partir des concentrations en ions chlorures, sulfates et bicarbonates. Mais il ne tient pas compte des ions calcium et magnésium qui ralentissent le phénomène de corrosion. Le deuxième indice, l'indice de Leroy qui est égal au rapport du TAC sur le TH, permet de confirmer ou non la tendance à la corrosion d'une eau.

La charge en matières organiques : les eaux à traiter peuvent être plus ou moins chargées en matières organiques naturelles et en micropolluants résultant d'activités humaines (pesticides, hydrocarbures, ...). Pour déterminer cette charge, on utilise l'oxydation au permanganate de potassium pour les petites collectivités. Pour les unités de distribution desservant au moins 5 000 habitants, c'est le carbone organique total (COT) qui doit être mesuré (voir Memotec n°25).

PROBLÈMES DE L'ÉCHANTILLONNAGE ET DE LA MESURE

Un échantillonnage de qualité

La fiabilité d'une analyse physico-chimique de l'eau dépend en premier lieu de la qualité de l'échantillonnage, car celui-ci conditionne la pertinence de l'analyse qui en découle. Il faut donc faire respecter certaines règles, et notamment celle concernant le choix du flaconnage à utiliser, celui-ci devant être neutre vis-à-vis de l'échantillon. En effet, certains matériaux peuvent être poreux vis-à-vis de certaines molécules, ou certains ions peuvent s'adsorber sur les parois des flacons. Le matériau idéal n'existe pas et dépend de ce que l'on veut doser : le quartz est sans doute le matériau le mieux adapté à la conservation des échantillons, mais il est très fragile ; le verre et le Pyrex sont beaucoup plus résistants, mais certains ions peuvent passer en solution dans l'eau ; le polyéthylène (PE) ne peut pas être utilisé pour des mesures de radioactivité de gaz, du fait de sa porosité vis-à-vis d'eux.

En général, un conservateur est ajouté à l'eau (acide sulfurique pour le dosage de l'ammoniaque, acide nitrique pour le dosage du plomb...), et les mesures doivent être effectuées assez rapidement (certaines analyses, comme la mesure du COT, doivent être réalisées dans les 48h).

Dans certains cas, la prise d'échantillons peut être faussée. C'est le cas lorsque le robinet de prise d'échantillons est situé sur une canalisation dont la pression d'eau est élevée. Le jet provoqué par l'ouverture du robinet crée une réaération de l'échantillon. Les valeurs permettant de déterminer l'équilibre calco-carbonique (pH, CO₂ libre) seront donc faussées.

La qualité de l'échantillon passe aussi par sa préservation lors du transport jusqu'au laboratoire d'analyse ; il est notamment conseillé de mettre les échantillons à l'abri de la lumière, dans des conditionnements fermés hermétiquement et à une température de 4°C (à cette température les réactions chimiques sont ralenties).

La représentativité de l'échantillon

Que ce soient des eaux souterraines ou des eaux de surface, il est nécessaire d'en tenir compte afin que l'échantillon puisse être considéré comme représentatif du milieu :

- eaux souterraines : le prélèvement ne se fait pas sur une eau stagnante. Il est nécessaire de pomper suffisamment longtemps pour renouveler l'eau contenue dans la tubage ;
- eaux de surface : il faut limiter au maximum les effets de bords (brassage du fond et mise en suspension de matières solides ou oxygénation trop importante en surface). De plus, une vision exhaustive du comportement du milieu à partir duquel l'eau va être prélevée est nécessaire : il faut pouvoir faire des prélèvements espacés dans le temps et à différentes profondeurs.

Le problème de la mesure

La mesure effectuée pour déterminer la valeur d'un paramètre a elle aussi une grande importance : une méthode de mesure peut être privilégiée par rapport à une autre en fonction de la présence ou non d'éléments provoquant des interférences. On sait aussi que les analyses colorimétriques sous forme de « bandes test » ne sont pas très précises ; des mesures faites par sonde requièrent un étalonnage fréquent, et des précautions de manipulations importantes.

Outre les exigences relatives aux méthodes de mesure en elles-mêmes, il existe certaines erreurs à ne pas commettre sous peine de fausser les résultats. On peut citer par exemple :

- ne jamais mesurer le pH au laboratoire, mais sur le terrain. En effet, le transport et les manipulations en laboratoire ont généralement pour conséquence la modification de la concentration en CO₂ dissous, d'où une évolution du pH. On s'expose alors, via une mesure au laboratoire, à de grossières erreurs, tant pour le choix du traitement que pour la détermination des doses des réactifs à utiliser. Pour réaliser une mesure correcte du pH il faut :
 - étalonner l'appareil avant la mesure,
 - utiliser un récipient qui présente une ouverture la plus faible possible, pour limiter le contact avec l'atmosphère,
 - alimenter ce récipient en continu pendant la mesure,
 - mesurer simultanément la température.
- le TAC est en général déterminé au laboratoire grâce au virage d'un indicateur coloré (hélianthine à un pH de 4,3) et non pas grâce à un dosage au point d'inflexion (mesure en continu du pH pendant le dosage). Or cette première méthode n'est pas correcte puisque le pH de virage est différent pour chaque type d'eau. Certains logiciels informatiques permettent de corriger les valeurs de TAC mesurées avec un indicateur coloré.

CONCLUSION

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dépend, d'une part de la qualité des analyses physico-chimiques des eaux brutes à traiter qui sont fournies, et d'autre part de l'interprétation qui en est faite. En effet, et en tout premier lieu, les conclusions qui en sont tirées sont essentielles pour définir le dimensionnement des filières de traitement. En cours d'exploitation des usines, elles permettent de contrôler l'efficacité des étapes de traitement de l'eau et de vérifier que l'eau traitée est conforme aux valeurs paramétriques définies par le décret n°2001-1220.