

Les paramètres physiques de l'eau

Introduction :

L'eau potable est un produit contrôlé régulièrement sur 63 paramètres pour qu'elle soit conforme aux normes:

- Paramètres physiques (température, conductivité, pH, minéralisation, turbidité)
- Paramètres fondamentaux (Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^-)
- Paramètres concernant les substances indésirables (fluor, Al)
- Paramètres concernant les substances toxiques (Pb, Hg, Cd, Cr)
- Paramètres microbiologiques (absence de bactéries et de virus pathogènes)
- Pesticides et produits apparentés (organochlorés et organophosphorés)

1 /Température :

Rôle: la température joue un rôle dans :

- La solubilité des sels et des gaz.
- LA dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique.
- La détermination du pH.
- La connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.
- Les corrections des paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la T° ex : la conductivité.

Mesure : sur terrain, en multiparamètres (conductivité, pH, T°).

- **Détermination de la T° de l'air** au même endroit et même moment.

Il faut éviter le rayonnement du soleil, la chaleur dégagée par l'opérateur.

Utiliser un thermomètre à lecture rapide face au vent.

- **Détermination de la température de l'eau :**

Sur terrain : utiliser un thermomètre gradué au 1/10 de $^\circ$ et étalonné ; comportant une gaine terminée par un réservoir évitant les variations de T° au moment de la mesure.

Lecture après immersion de 10 min.

Rivière : mesurer la T° en plusieurs points avec un intervalle de 5 à 10 m (loin des rives, des ponts et des barrages).

Mesurer la T° en surface et en profondeur.

Lac : mesurer la T° en plusieurs points (à distance de la rive de 10 m).

Mesurer la T° en surface et en profondeur.

Eau profonde ou nappe souterraine : utiliser un thermomètre à max et à min placé dans une bouteille thermostatique télécommandée, lecture immédiate.

Interprétation :

Eau fraîche : 25°C .

Eau industrielle : la T° est plus élevée par échange thermique.

Eaux superficielles sont influencées par la T° de l'air d'autant plus que leur origine est moins profonde.

La T° permet de savoir si l'eau est bien protégée dans son gîte naturel car la T° des eaux profondes doit être constante (loin des rayons solaires).

La T° des eaux superficielles change avec la T° de l'atmosphère.

2 /Densité :

Définition :

La densité d'un corps est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce corps et la masse d'un égal volume d'eau dans des conditions de T° et de pression précises,

$D_{\text{eau pure}} \text{ à } 4^\circ\text{C} = 1 \text{ g/ml}$, elle est < 1 pour toutes les autres T° .

Principe : la mesure de la D de l'eau se fait par un densimètre (sur terrain) ou une fiole à densité (au laboratoire).

Matériel : Densimètre (eaux thermo minérales à forte salinité)

Pycnomètre ou fiole à densité (mesure précise pour eaux naturelles)

Mode opératoire:

a. Sur le terrain au moyen du densimètre : Remplir presque totalement l'éprouvette avec de l'eau à analyser puis insérer le densimètre progressivement dans l'eau, attendre jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse, éviter tout frottement (plonger également un thermomètre afin de déterminer la T° de l'eau).

Lecture, Si la T° diffère de 20°C => table de correction.

b. Au laboratoire par le pycnomètre :

Verser 100 ml eau à analyser dans un pycnomètre et boucher.

Mettre le pycnomètre dans un bain thermostaté à 20°C pendant 30 min.

Essuyer le ballon du pycnomètre par un papier filtre et peser.

Faire un essai à blanc avec l'eau distillée (ED).

$$D = P - p / P_1 - p$$

Avec :

P (poids du pycnomètre plein) / p (poids du pycnomètre vide) / P_1 (poids du pycnomètre plein avec ED)

Interprétation : D_{ED} à 20°C = 0.99823

-Paramètre intéressant pour les eaux de chaudières.

-Conditionne la sédimentation des matières en suspension.

3/pH :

Définition : Le pH (potentiel hydrogène) d'une eau est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+

$$pH = \log (1 / [H^+])$$

Une eau est une solution d'électrolytes formant un système tampon. Le pH dépend essentiellement de la teneur de l'eau en H_2CO_3 en relation avec sa minéralisation

Mesure : par potentiomètre ou par colorimétrie.

a. Méthode colorimétrique :

Principe : L'eau à analyser est additionnée d'un indicateur et la coloration obtenue est comparée avec une échelle de teintes préparée à partir de solutions de pH connu (gamme étalon).

Mode opératoire: Echantillon + 2 gouttes d'indicateurs => coloration=> comparaison.

Inconvénients :

L'intensité de la coloration de certains indicateurs varie avec le temps.

Fausses colorations en présence de protéines.

Les dérivés chlorés renforcent la teinte.

b. Méthode électrométrique avec électrodes de verre (pH mètre):

Mesure précise : eaux très douces, eaux contenant des protéines, eaux colorées.

Principe : La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH de celle-ci, selon la loi de Nernst, la différence de potentiel est liée à l'activité des ions H^+

$$E = E_0 + 2.3 RT/nF * \log ah$$

Avec :

E (potentiel mesuré). E_0 (constante). R (constante des gaz parfaits). n (charge de l'ion). F (constante de Faraday 96500 C. ah (activité de l'ion).

Expression des résultats : en unités de pH à 20°C

Inconvénients:

Les électrodes de verre très fragiles et nécessitent beaucoup d'entretien (ED).

Si le pH est > 9 : les mesures sont entachées d'une erreur due à la présence des ions Na⁺, il faut une correction,

Interprétation : Eau naturelle : 4.6-8.3.

Le pH renseigne qualitativement sur les constituants acides et basiques.

Intérêt de la mesure du pH :

Etude de l'agressivité et des phénomènes de corrosion qui en résultent.

Étude des eaux thermominérales sulfurées sodiques.

Nous renseigne sur la pollution industrielle.

Évaluation du traitement par coagulation et floculation.

Effets chez l'homme :

-pH > 11 irritation oculaire, affections cutanées, irritation gastro-intestinale.

-pH < 2.5 lésions irréversibles de l'épithélium.

4/ Turbidité :

Définition : la turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide.

Origine :

Matières en suspension MES finement divisés (argile, limon, MO, grains de silice).

Présence de sels de fer dans l'eau et oxydation du Fe²⁺ en Fe³⁺ : $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + 1e^-$

Dépôt de CO₃²⁻ dans les eaux riches en HCO₃⁻ : $Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CO_2 + CaCO_3 + H_2O$

Sursaturation en oxygène.

Particules organiques par décomposition des débris de plantes ou d'animaux.

Particules fibreuses issues des particules minérales (amiante).

Microorganismes (algues, débris des bactéries)

Mesure : mesurée aussi rapidement que possible après le prélèvement.

<u>sur le terrain</u>	<u>au laboratoire</u>
Méthode au fil de platine	Méthode des gouttes de Mastic
Méthode de Secchi	Méthode à la silice
Méthode au fluoroscope	Méthode néphélométrique

- **Sur le terrain** : consiste à mesurer la profondeur à laquelle un repère cesse d'être visible.

1. Méthode au fil de platine :

Mode opératoire : Mesurer la profondeur à laquelle le filament cesse d'être visible, à l'œil de l'observateur placé à l'anneau terminal de la chaîne.

Interprétation : $\leq 30\text{cm}$: eau turbide,

$\geq 60\text{cm}$: eau limpide.

- **Mesure au laboratoire :**

- 1. Méthode des gouttes de Mastic :**

Application : convient aux eaux de faible turbidité provenant des matières non décantables de nature colloïdale.

Mode opératoire :

Etablissement de la courbe d'étalonnage : une série de tube de 50 ml numérotée :

Numéros des tubes	ED (QSP ml)	Nombre de gouttes de mastic
1	50	100
2	50	80
3	50	60
Echantillon 50 ml	-	-

Echantillon : dans les mêmes conditions que les étalons

Agiter par des mouvements de rotation de 180° en répétant 10 fois pour l'homogénéisation. Lecture photométrique dans un photomètre 4 min après l'introduction de la cuve dans l'appareil.

Construction de la courbe d'étalonnage

Expression des résultats : en nombre de goutte de mastic/l

Normes : eau potable : 5-15 gouttes de mastic mais on tolère jusqu'à 30 gouttes de mastic

5/Résistivité et conductivité électriques :

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes et permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Définition :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métallique de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m) : $1\text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ mS/m}$

La résistivité électrique: C'est l'inverse de la conductivité électrique.

Renseigne sur la minéralisation de l'eau (la concentration en électrolytes dissous)

Résistivité ($\Omega.\text{cm}$) = $1000000 / \text{conductivité } (\mu\text{S/cm})$

Principe :

La conductivité se mesure en appliquant un courant électrique alternatif (I) à deux électrodes immergées dans une solution et en mesurant la tension (V) qui en résulte. Lors de cette expérience,

les cations migrent en direction de l'électrode négative, les anions se dirigent vers l'électrode positive et la solution se comporte comme un conducteur électrique.

Prélèvements : flacon en polyéthylène bien rempli et bien bouché. Mesure le plus tôt possible.

Matériel: Conductimètre

Correction en fonction de la température : elle dépend de la T° prise au cours de la mesure, en dehors de 25°C une correction est effectuée: $C_{25^\circ\text{C}} = C_T \cdot F$

Avec:

F facteur donné par le tableau

C_T conductivité obtenue à la température lue sur le thermomètre

La résistivité de l'eau dépend de la T° et de la minéralisation, elle diminue lorsque la T° ou la minéralisation augmente.

Détermination de la minéralisation globale de l'eau :

$$\text{Minéralisation (mg/l)} = 688000 * \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}.$$

Eaux fortement minéralisées ont une conductivité élevée et vis vers ça.

Interprétation: norme algérienne : 2800us/cm

-Contrôle des eaux d'alimentation, eaux industriel, ED.

-Suit avec précision les variations de la composition de l'eau dans son gîte naturel ou dans le réseau.

-Suit la région d'où provient l'eau (régions granitiques la résistivité $> 10000 \text{ w.cm}$)

-La résistivité et la conductivité suivent avec rapidité et précision les perturbations de la composition d'une eau naturelle.

6/ Minéralisation (résidu sec) :

Principe :

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée le résidu desséché est ensuite pesé.

Mode opératoire :

Evaporer progressivement au bain-marie dans une capsule de silice tarée, 100 ml d'eau filtrée si nécessaire.

Une fois toute l'eau évaporée, porter la capsule à l'étuve à 110°C pendant 30 mn et laisser refroidir 15mn au dessiccateur.

Peser immédiatement et rapidement le résidu étant hygroscopique.

Résultat et interprétation :

M = poids final de capsule en mg.

m = poids de capsule vide en mg.

$$\text{Résidu sec en mg/l} = (M - m) * 10$$

En moyenne, le résidu sec varie de 50 à 600 mg pour des eaux de bonne qualité.

En Algérie, les eaux peuvent avoir des résidus secs très variables selon la région d'origine.

Classification de SCHOELLER : basée sur l'appréciation du goût :

Minéralisation g/l	Classification
6 à 4	Potabilité momentanée
4 à 2	Eau mauvaise
2 à 1	Eau médiocre
1 à 0,5	Eau passable
< 0,5	Eau bonne

7/Radioactivité :

Définition : transformation spontanée d'un atome instable, se traduit par l'émission d'une radiation (rayonnement ionisant α , β , γ), possédant l'énergie nécessaire pour extraire un électron de l'atome

Certaines substances sont spontanément radioactives (écorce terrestre renferme Uranium, Radium, Thorium), de ce fait, toutes roches contiennent des traces de matières.

Origine :

- Naturelle : partout à la surface de la terre,
peut être transporté par les eaux (les eaux thermales),
due à l'arrivée des rayons cosmiques de l'espace.
- Industrielle : construction des piles atomiques.
- Médicale : isotopes radioactifs dans la recherche scientifique et en médecine.
- Militaire : les expériences nucléaires.

Classification :

- **Radioactivité temporaire :** Radon et de ses descendants à vie courte.
- **Radioactivité permanente:** Radium période très longue, peu intense

Mesure de la radioactivité dans l'eau: Méthode à l'électroscope.

Expression des résultats : Bq/l, mSv/l

Dose effective : prend en compte le type de radiation émise (α , β , γ) et la sensibilité du tissu ou organe récepteur et permet ainsi d'évaluer tout risque potentiel sur la santé

Dose totale indicatrice : DTI correspond à la dose engagée résultant d'une incorporation pendant un an de tous les radios nucléides naturels et artificiels détectés dans une distribution d'eau, à l'exclusion du radon et de ses descendants à vie courte.

OMS : DTI maximale 0,1 msv/An (pour une consommation 2 litres/j)

Le tritium est considéré comme indicateur de pollution d'origine humaine (valeur guide 100Bq/L)

Une radioactivité naturelle ou artificielle peut être suspectée en cas de dépassement d'une des deux mesures: 0,1Bq/L (alpha) et 1Bq/L (béta)

Effets biologiques et conséquences d'irradiation :

Responsables d'effets somatiques et les effets génétiques

Mécanisme de toxicité: Les radiations α , β , γ sont ionisantes et possèdent une énergie suffisante pour arracher un ou plusieurs électrons aux atomes qu'elles rencontrent sur leur passage, ce transfert d'énergie est responsable d'effets nocifs sur les tissus humains. Certains organes sont plus radiosensibles que d'autres (organes hématopoïétiques).

Clinique :

1/ Sur les gonades: stérilité temporaire ou permanente, lésions des chromosomes et mutations génétiques.

2/ rupture de la paroi intestinale, affaiblissement de la coagulation, modifications de la FNS, diminution de la résistance à l'infection, chute des cheveux, apparition de cancers de la peau, des os ou de leucémie.

Interprétation : les radioéléments n'ont aucun effet bénéfique sur l'homme ils doivent être éliminés de l'eau de consommation ou au moins être < aux normes internationales.