

Titre du TP : Évaluation de la qualité de L'eau potable

Qualité des eaux pour alimentation potable

La composition chimique de l'eau potable est souvent utilisée comme un outil de discrimination de sa qualité (Subba Rao 2006). La surveillance de la qualité de l'eau repose sur plusieurs critères qui dépendent principalement des concentrations de sels présents sous forme dissoute, comme l'indice de qualité de l'eau (IQE) l'indice de pollution organique (IPO) la dureté ou le titre hydrotimétrique (TH).

WATER QUALITY INDEX(WQI)

L'indice de qualité de l'eau (IQE) est une expression numérique utilisée pour évaluer la qualité globale de l'eau à partir d'une grande quantité de données et il est facilement compris par les gestionnaires et décideurs.

L'indice De Qualité De L'eau (IQE) Water Quality Index (WQI)

Sl. N°	Parameters
1	pH
2	EC
3	TDS
4	TH
5	Ca
6	Mg
7	Fe
8	F
9	Turbidity

Calcul de l'Indice de qualité de l'eau (IQE)

Exemple de paramètres utilisés (pH, O_diss, CE, T°C, SO₄²⁻, DBO₅, PO₄³⁺, N-NH₄ et N-NO₃)

poids relatif (Wi), spécifique à chaque paramètre physico-chimique, est calculée selon la formule suivante :

$$W_i = \frac{k}{S_i}$$

k : constante de proportionnalité et peut également être calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (1/S_i)}$$

n : nombre de paramètres

Si : valeur maximale de la norme standard des eaux de surface ou souterraines

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100$$

Q_i : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre.

C_i : la concentration de chaque paramètre en mg/l Finalement l'indice global de la qualité de l'eau est calculé par l'équation suivante :

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Classe de IQE	Type d'eau	Usage possible
0 - 25	Excellente qualité	Eau potable, irrigation et industrie
>25 - 50	Bonne qualité	Eau potable, Irrigation et industrie
>50 - 75	Mauvaise qualité	Irrigation et industrie
>75 - 100	Très mauvaise qualité	Irrigation
> 100	Eau non potable	Traitements appropriés requis avant utilisation

Paramètre	Normes Algériennes	Normes OMS	Si (valeur maximal standard)	1/Si	Wi
pH	6.5-9.5	6.5-9.5	8	0.125	0.014
CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	2800	Pas de norme	2800	0.00036	0.000039
NH4 (mg/l)	0.5	0.5	0.5	2	0.218
SO4 (mg/l)	400	500	400	0.025	0.00027
NO3(mg/l)	50	50	50	0.02	0.0022
PO4(mg/l)	0.5	0.5	0.5	2	0.218
NO2(mg/l)	0.2	0.2	0.2	5	0.545
			$\Sigma(1/Si)$	9.17	
			$K=1/\Sigma(1/Si)$	0.109	

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100$$

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Paramètre	Si (valeur maximal standard)	Concentration (Ci)	Qi	Wi	Qi×Wi	IQE
pH	8	8.32	104	0.014	1,456	
CE (µs/cm)	2800	1099	39,25	0.000039	0,00153075	
NH4 (mg/l)	0.5	0.11	22	0.218	4,796	
SO4 (mg/l)	400	119,4314	29,85785	0.00027	0,00806162	
NO3(mg/l)	50	0,88946	1,77892	0.0022	0,00391362	
PO4(mg/l)	0.5	0.044	8,8	0.218	1,9184	
NO2(mg/l)	0.2	0.002	1	0.545	0,545	
			$\Sigma(Wi)$	0,997509		
				$\Sigma(Qi \times Wi)$	8,72890599	
$IQE = \Sigma(Qi \times Wi) / \Sigma(Wi)$						8,750704

The Water Quality Index (WQI) is calculated according to the following formula

$$WQI = \sum_{i=1}^n q_i w_i$$

where q_i (water quality rating) = $100[(v_i - v_0)]/[(s_i - v_0)]$

V_i ; Observed concentration of each parameter;

V_0 ; the ideal value of each parameter which is considered to be zero for all parameters, except for pH considered at 7,

S_i ; Algerian standard value (2011) for each parameter;

w_i ; The unit weight assigned to each parameter is calculated as follows:

$$w_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

w_i : the relative weight,

W_i : the weight of each parameter, and n : the number of parameters.

Indice de pollution organique (IPO)

Dans le but d'obtenir des informations sur la dégradation de la qualité de l'eau affectée par les activités anthropiques, il est indispensable de déterminer le degré de pollution organique en utilisant la méthode de l'indice (IPO). Cette méthode est basée sur le calcul de la moyenne des teneurs des quatre éléments DBO5, NH_4^+ , NO_2^- et PO_4^{3-} dans l'eau conformément aux cinq classes (5). En outre, le numéro de classe correspondant à chaque paramètre est déterminé à partir des mesures pour calculer la moyenne et la classification de ces paramètres selon cinq classes de couleur qui reflètent le degré de pollution organique.

Grille des classes d'indice de pollution organique (Leclercq 2001)

Parameters Classes	DBO5 mg-O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg-N/l	NO ₂ ⁻ μg-N/l	PO ₄ ³⁻ μg-P/l	IPO	Pollution organique
5	<2	<0.1	<5	<15	5.0 - 4.6	Nulle
4	2-5	0.1-0.9	6 -10	16 -75	4.5 - 4.0	Faible
3	5.1-10	1 - 2.4	11-50	76 -250	3.9 - 3.0	Modérée
2	10.1-15	2.5 - 6	51-150	251-900	2.9 - 2.0	Élevée
1	> 15	> 6	> 150	> 900	1.9 - 1.0	Très élevée

Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) est un critère important pour déterminer l'aptitude d'une eau, qui est directement liée à la nature du sol qu'elle traverse. Elle se mesure en fonction de la teneur en carbonates de calcium et de magnésium, qui proviennent des roches calcaires ou dolomítiques, et de la présence de CO₂, qui favorise cette dissolution. Le titre hydrotimétrique est donné par la formule suivante où les teneurs sont exprimées en méq/l.

$$\text{TH} = (\text{Ca}+2 + \text{Mg}+2) * 5 \text{ (}^{\circ}\text{F)}$$

Classification des eaux du bassin versant du barrage de Guenitra selon la dureté

TH en °F	0 - 7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	>54
Classes des eaux	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
Nbre d'échantillons	0	0	12	13	14
Pourcentage %	0	0	30 %	34 %	36%

Classes des indices de qualité des eaux pour alimentation en eau potable (AEP).

Indices	Valeurs	Qualité de l'eau	Références
Indice de qualité des eaux (IQE)	IQE = 0-25 IQE = > 25-50 IQE = > 50-75 IQE = > 75-100 IQE = > 100	Excellente qualité Bonne qualité Mauvaise qualité Très mauvaise qualité Qualité Inadaptée	Horton 1965 ; Brown et al. 1970
Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)	TH = 0 - 7 TH = > 7 - 22 TH = > 22-32 TH = > 32-54 TH = > 54	Eau douce Eau modérément douce Eau assez douce Eau dure Eau très dure	Durfor 1964
Indice de pollution organique (IPO)	IPO = 1.9 – 1.0 IPO = 2.9 – 2.0 IPO = 3.9 – 3.0 IPO = 4.5 – 4.0 IPO = 5.0 – 4.6	Pollution Très forte Pollution Forte Pollution Modérée Pollution Faible Pollution Nulle	Leclercq 2001

Évaluation de la qualité des eaux d'irrigation : calcul du SAR et du Na%

Importance de la qualité de l'eau d'irrigation

- **Santé des sols :** L'eau d'irrigation peut affecter la structure et la composition chimique du sol, influençant sa fertilité et sa perméabilité.
- **Croissance des cultures :** La qualité de l'eau a un impact direct sur la croissance, le rendement et la qualité des cultures.
- **Environnement :** Une mauvaise qualité de l'eau peut entraîner la pollution des sols et des eaux souterraines, ainsi que la dégradation des écosystèmes.

2. Principaux paramètres de qualité

- **Salinité (Conductivité électrique - CE) :**
 - Mesure la concentration totale des sels dissous dans l'eau.
 - Une salinité élevée peut entraîner une accumulation de sels dans le sol, ce qui nuit à l'absorption d'eau et de nutriments par les plantes.
- **Sodicité (Ratio d'adsorption du sodium - RAS ou SAR) :**
 - Évalue la proportion de sodium par rapport au calcium et au magnésium.
 - Un RAS élevé peut entraîner la dispersion des particules d'argile, ce qui réduit la perméabilité du sol et sa capacité de drainage.
- **pH :**
 - Mesure l'acidité ou l'alcalinité de l'eau.
 - Un pH extrême peut affecter la disponibilité des nutriments et la croissance des plantes.
- **Concentration en ions spécifiques :**
 - Certains ions, tels que le chlorure, le bore et les métaux lourds, peuvent être toxiques pour les plantes, même à de faibles concentrations.
- **Bicarbonates et carbonates :**
 - Ces éléments peuvent influencer le pH et la disponibilité du calcium et du magnésium dans le sol.
- **Matières en suspension (MES) :**
 - Les MES peuvent obstruer les systèmes d'irrigation et réduire la pénétration de l'eau dans le sol.

3. Classification de la qualité des eaux d'irrigation

- Les eaux d'irrigation sont généralement classées en fonction de leur salinité et de leur sodicité, en utilisant des tableaux et des diagrammes spécifiques.
- Ces classifications permettent d'évaluer les risques liés à l'utilisation de l'eau pour l'irrigation et de déterminer les mesures à prendre pour atténuer ces risques.

4. Impacts de la qualité de l'eau sur le sol

- **Salinisation :** Accumulation de sels solubles dans le sol.
- **Sodisation :** Accumulation de sodium échangeable dans le sol.
- **Alcalinisation :** Augmentation du pH du sol.
- **Diminution de la perméabilité :** Réduction de la capacité du sol à laisser passer l'eau.

5. Gestion de la qualité des eaux d'irrigation

- Analyse régulière de la qualité de l'eau.
- Choix de cultures tolérantes au sel ou au sodium.
- Amélioration du drainage du sol.
- Application d'amendements pour corriger les problèmes de salinité, de sodicité ou de pH.

- Techniques d'irrigation appropriées pour minimiser l'accumulation de sels.

Informations supplémentaires importantes

- Il est crucial de comprendre que la qualité de l'eau d'irrigation n'est pas seulement une question de quantité de sel, mais aussi de la composition spécifique de ces sels.
- Les analyses de laboratoire sont essentielles pour déterminer avec précision la qualité de l'eau et les mesures correctives nécessaires.
- Les informations complémentaires trouvées dans les résultats de recherches, vous donnent des fourchettes de valeurs pour pouvoir déterminer si votre eau est de bonne qualité, ou si elle est dangereuse pour votre sol et vos cultures.
 - Par exemple, le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5.
 - La qualité de l'eau dépend de sa conductivité électrique qui est une image directe de sa teneur en sel.
 - Le Taux d'Adsorption du Sodium(SAR) est aussi un élément important à prendre en compte.

Ratio d'Adsorption du Sodium (SAR)

- **Définition:**
 - Le SAR est un indicateur qui évalue la proportion de sodium (Na^+) par rapport au calcium (Ca^{2+}) et au magnésium (Mg^{2+}) dans une solution, généralement l'eau d'irrigation.
 - Il permet de prédire la tendance du sodium à être adsorbé par les particules d'argile du sol.
- **Importance:**
 - Un SAR élevé indique un risque de sodisation du sol, ce qui peut entraîner une dégradation de la structure du sol et une réduction de sa perméabilité.
 - Il est crucial pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation et prévenir les problèmes liés à l'excès de sodium.
- **Formule de calcul:**
 - $\text{SAR} = [\text{Na}^+] / \sqrt{([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]) / 2}$
 - Où les concentrations sont exprimées en méq/L (milliéquivalents par litre).

2. Pourcentage de Sodium (Na%)

- **Définition:**
 - Le Na% exprime la proportion de sodium par rapport à la somme de tous les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) présents dans l'eau.
 - Il fournit une indication supplémentaire sur le risque de sodisation.
- **Importance:**
 - Un Na% élevé renforce l'évaluation du risque de problèmes liés au sodium dans le sol.
 - Il complète l'information fournie par le SAR.
- **Formule de calcul:**
 - $\text{Na\%} = ([\text{Na}^+] / ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+])) \times 100$
 - Où les concentrations sont exprimées en méq/L.

3. Risques liés à un excès de sodium

- **Sodisation des sols:**
 - Le sodium échangeable remplace le calcium et le magnésium sur les sites d'échange des particules d'argile.
 - Cela entraîne la dispersion des particules d'argile, ce qui détruit la structure du sol.
- **Réduction de la perméabilité:**
 - La dispersion des argiles obstrue les pores du sol, réduisant sa capacité à laisser passer l'eau.
 - Cela peut entraîner des problèmes de drainage et d'aération.
- **Formation de croûtes de surface:**

- Les sols sodiques ont tendance à former des croûtes dures en surface, ce qui empêche la germination des graines et la pénétration de l'eau.
- **Impact sur la croissance des plantes:**
 - L'excès de sodium peut entraîner un déséquilibre nutritionnel et une toxicité pour les plantes.
 - Il peut également réduire la disponibilité de l'eau pour les plantes en raison de la diminution de la perméabilité du sol.
- **Alcalinisation du sol:**
 - Le sodium favorise l'augmentation du pH du sol, ce qui peut rendre certains nutriments indisponibles pour les plantes.

En résumé

Le SAR et le Na% sont des indicateurs essentiels pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation et prévenir les problèmes liés à l'excès de sodium. Une surveillance régulière de ces paramètres est cruciale pour maintenir la santé des sols et la productivité agricole.