

Les eaux souterraines & Les eaux de surfaces

Introduction :

✓ L'eau couvre les trois quarts de la surface de notre planète. Elle constitue les rivières, les eaux souterraines, les lacs, les mers, les océans. Elle est présente dans les sols et constitue les êtres vivants. Sous toutes ses formes, l'eau participe au cycle de l'eau.

Les stocks disponibles en eau naturelle se composent des eaux souterraines, alimentés par les eaux de surface et les eaux de mer.

✓ **Le potentiel hydrique** représente le potentiel de l'eau à quitter un compartiment donné. Il caractérise le mouvement de l'eau dans le sol: le mouvement de l'eau va du potentiel le plus hydraté (là où la concentration en ions est la plus faible \Rightarrow milieu le plus dilué) au moins hydraté.

✓ **Potentialité hydrique** : Propriété physique d'un compartiment (du sol ou cellulaire) régie en partie par sa concentration en soluté. Plus le potentiel hydrique est faible, plus le compartiment attire l'eau.

✓ Les potentialités hydriques constituent un élément essentiel et conditionnent toute possibilité de développement dans les zones arides. L'exploitation irraisonnée et la mauvaise gestion des ressources en eau mobilisées dans ces régions ont connu une certaine évolution au cours de la dernière décennie. Tout cela, en dépit des orientations de la politique nationale inhérente au développement du sud algérien. Elles soulignent la nécessité d'impulser le développement socio- économique local saharien. Elles mettent également l'accent sur une exploitation rigoureuse et une gestion rationnelle des ressources hydriques mobilisées.

✓ **Les eaux de surface**, qui constituent notre source traditionnelle d'eau douce, ne comptent que pour environ 0,3 % de l'eau douce de la planète (Gleick, 1996). La circulation et la conservation de l'eau de la Terre constituent le cycle hydrologique.

✓ **Les eaux souterraines** et les eaux de surface sont inextricablement liées dans le cycle hydrologique. Il n'y a en fait qu'une seule réserve d'eau douce disponible.

❖ Les eaux souterraines

L'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Elle est issue des précipitations ou de la neige et puis, infiltre les sols dans les systèmes d'eaux souterraines. Par la suite, elle peut éventuellement remonter à la surface, ou rejoindre des lacs ou des océans. Elle est naturellement alimentée par la surface, grâce aux précipitations, aux cours d'eau et aux infiltrations d'eaux provenant des rivières.

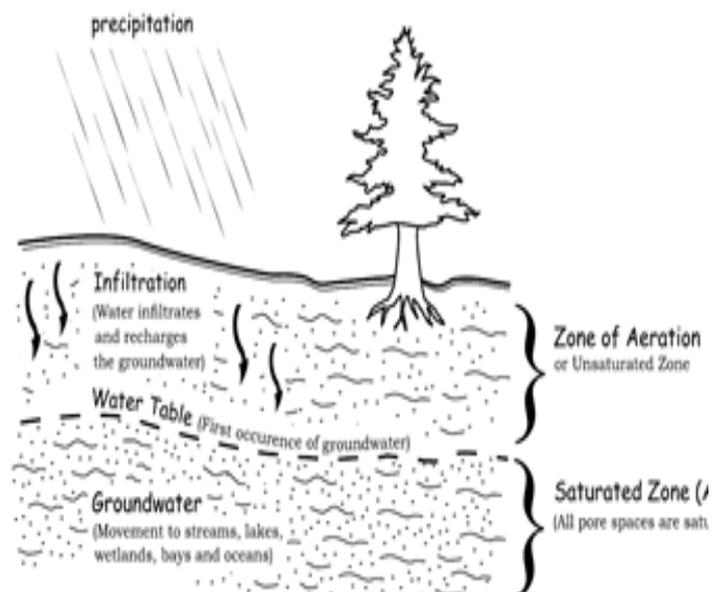
L'eau souterraine est un réservoir naturel à long terme pour le cycle de l'eau, comparé aux réservoirs naturels que sont l'atmosphère ou l'eau de surface.

Une **couche aquifère** est une strate saturée qui peut rapporter des quantités utilisables de l'eau à un puits. Il y a deux types différents de couches aquifères basées sur des caractéristiques physiques :

- Si la zone saturée est coincée entre des couches de matériaux imperméables et si les eaux souterraines sont sous pression, on sera en présence d'une couche aquifère confinée ;
- S'il n'y a aucune couche imperméable immédiatement au-dessus de la zone saturée, on sera en présence d'une couche aquifère non confinée.

Dans ce cas, le dessus de la zone saturée est la table de l'eau, comme défini ci-dessus. Habituellement une couche aquifère peut produire une quantité de l'eau économiquement acceptable à un puits ou à une source.

Une région saturée qui, due à une faible conductivité hydraulique, ne rapporte pas une quantité suffisante en eau, du point de vue économique, s'appelle l'aquitard.



Un **aquifère** est une formation géologique ou une roche, suffisamment poreuse et/ou fissurée (pour stocker de grandes quantités d'eau) tout en étant suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement.

Aquifère : Se dit d'une couche du sous-sol contenant de l'eau.

I. L'eau souterraine est alimentée par la pluie :

1. Un échange permanent :

Le cycle de l'eau est l'échange permanent de l'eau entre les mers et les océans, les eaux continentales (superficielles et souterraines), l'atmosphère et la biosphère. Cet échange se réalise :

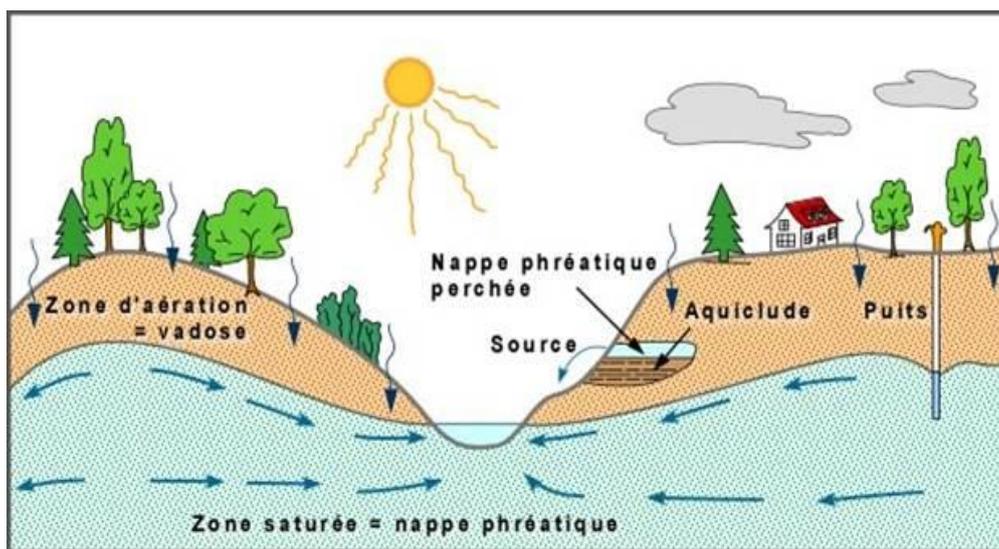
- Dans l'atmosphère où l'eau circule sous forme de vapeur d'eau,
- Sur terre où l'eau s'écoule en surface ou sous terre.

Ce sont les précipitations qui alimentent les eaux souterraines. En moyenne, 65 % des précipitations qui arrivent à la Terre s'évaporent, 24 % ruissellent et 11 % s'infiltrent. Mais une partie seulement d'entre elles est disponible pour la recharge des nappes, car une partie est utilisée par le sol et les plantes et une autre partie alimente par ruissellement les eaux de surface (lacs et rivières) ; seul le solde s'infiltré lentement dans le sol et le sous-sol.

2. Comment l'eau circule dans le sous-sol :

L'eau de pluie circule dans les pores et les fissures des roches ; on parle alors de roches réservoirs ou d'aquifères. Les aquifères sont composés de deux parties :

- Une « zone non saturée » : l'eau ne remplit pas l'intégralité des pores et se trouve en mouvement permanent, vers la surface (la capillarité fait remonter l'eau vers la terre végétale comme un buvard), et vers les profondeurs (pesanteur) ;
- Une « zone saturée » qui renferme la nappe. L'eau pénètre tous les pores et s'écoule dans le sous-sol sur la couche imperméable, en suivant la topographie sur plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres. L'eau souterraine peut resurgir à la surface du sol en formant une source à l'origine d'un cours d'eau.



II. L'eau souterraine: de l'eau contenue dans les roches :

La diversité des roches réservoirs, ou aquifères, combinée à celle des climats et des paysages, entraîne une grande variété de nappes d'eau souterraine, à la fois en taille, en profondeur et en comportement.

- **Les nappes d'eau souterraine** ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains : c'est de l'eau contenue dans les roches poreuses saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées.
- **Les nappes libres** communiquent avec la surface car une couche perméable les recouvre; les pores de la roche sont partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé et les eaux de pluies peuvent imprégner la nappe par toute la surface. Son niveau monte ou baisse en fonction des précipitations. Elle se renouvelle rapidement. Les nappes phréatiques appartiennent à cette catégorie.
- **Les nappes captives** sont recouvertes par au moins une couche géologique imperméable qui confine l'eau. Sous pression, celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes, quelques centaines de mètres voire plus. Elles se renouvellent plus lentement. Leur alimentation provient pour partie de zones affleurantes. Lorsque moins de 5 % de ces eaux sont renouvelés à l'année, ces nappes sont dites fossiles.

III. Propriétés des eaux souterraines :

1. **Composition:** La nature géologique du sol détermine la composition chimique des eaux souterraines. L'eau est constamment en contact avec la terre sur laquelle elle stagne ou circule, ainsi l'équilibre se développe entre la composition du sol et celle de l'eau: c.-à-d. une eau qui circule dans un substratum sableux ou granitique est acide et possède quelques minerais. Une eau qui circule dans les calcaires contient l'alcalinité des bicarbonates.

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont : Une turbidité faible, une température et une composition chimique constantes, et absence presque totale d'oxygène. Les eaux souterraines de circulation peuvent avoir de grandes variations de composition avec l'apparition de polluants et de divers contaminants. En outre, les eaux souterraines sont souvent très pures, microbiologiquement parlant.

2. **Mouvement:** Les eaux souterraines ont un mouvement constant, bien qu'elles doivent traverser des passages complexes entre les espaces libres des roches. Tout d'abord, les eaux souterraines s'écoulent vers le bas grâce à la gravité. Mais elles peuvent également se déplacer vers le haut pour aller depuis des secteurs de haute pression vers des secteurs de plus basse pression.

Le taux d'écoulement d'eaux souterraines est commandé par deux propriétés de la roche :

✓ **La porosité** est le volume des vides (pores) exprimé en pourcentage du volume total. Ceci détermine la quantité d'eau qu'une roche peut contenir. Dans les sédiments ou les roches sédimentaires, la porosité dépend de la taille des grains, de la forme des grains, de la granulométrie, et du degré de cimentation.

✓ **La perméabilité** est une mesure du degré auquel les pores sont reliés ensemble, et de la taille des interconnexions. Une faible porosité a habituellement pour conséquence une faible perméabilité mais, une porosité élevée n'implique pas nécessairement une perméabilité élevée. Il est possible d'avoir une roche fortement poreuse avec peu ou pas d'interconnexions entre les pores.

3. **Débit et vitesse:** La vitesse de déplacement des eaux souterraines à travers une zone saturée dépend de la perméabilité de la roche et du gradient hydraulique. Le gradient hydraulique est défini comme la différence d'altitude entre deux points de la table de l'eau divisée par la distance entre ces deux points. La vitesse, V est alors:

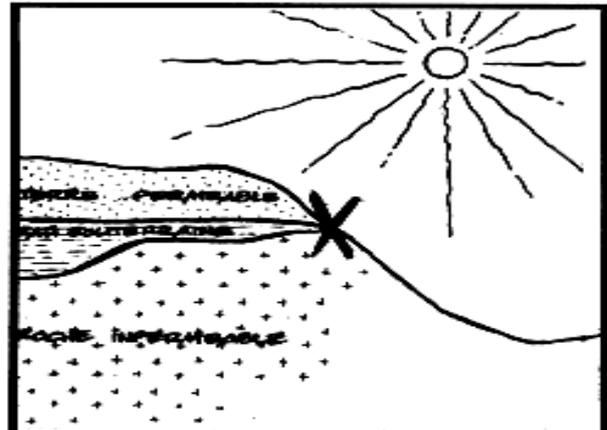
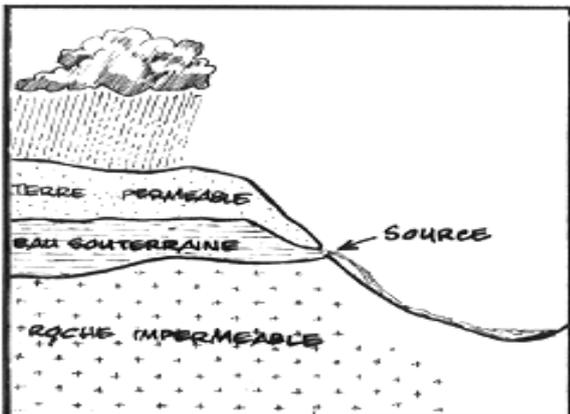
$$V = K (h_2 - h_1) / L$$

K : Le coefficient de perméabilité. Si nous multiplions cette expression par l'aire, A , par lequel l'eau se déplace, alors nous obtenons le débit Q (la loi de Darcy).

$$Q = A.K (h_2 - h_1) / L$$

4. Source et puits:

✓ Une **source** est un secteur sur la surface de la terre où la table de l'eau est à l'intersection de la surface et d'un point d'écoulement d'eau. Une source se forme lorsqu'une couche de roches imperméables (appelée une aquiclude) est en contact avec une couche de roches perméables qui contient de l'eau souterraine (une couche aquifère). La présence de source est étroitement liée à la géologie d'un secteur. Si un plancher rocheux imperméable, tel qu'un gisement d'argile, est à la base d'une couche de sol ou roche saturée, alors une source tendra à apparaître sur la pente où la couche d'argile affleure.



✓ Un **puits** est une fosse creusée ou forée assez profondément par l'homme pour intercepter la table de l'eau. Si le puits est creusé sous la table de l'eau, l'eau remplira l'espace ouvert au niveau de la table de l'eau, et pourra être récupérée par des seaux ou par pompage.

Un **puits artésien** est un puits profondément foré de sorte que l'eau soit entraînée vers le haut grâce à la pression.

IV. Origines et quantités en eaux souterraines sur la Terre :

1. Origines : La plupart des eaux souterraines ont pour origine les eaux pluviales (pluie ou neige). Si elles ne sont pas perdues par évaporation, transpiration ou écoulement, l'eau de ces sources peut s'infiltrer dans les sols.

Les quantités d'eau des précipitations sont retenues très difficilement sur le sol sec formant un film sur la surface et dans les micros pores des particules du sol. *Aux niveaux intermédiaires, les films de l'eau recouvrent les particules solides, mais de l'air est encore présent dans les sols (vides). Cette région s'appelle **une zone non saturée** ou **zone d'aération**, et l'eau présente est dite **vadose**. En profondeur et en présence de quantités adéquates d'eau, tous les vides sont remplis pour produire **une zone de saturation**, le niveau supérieur représente la table de l'eau. L'eau présente dans une **zone de saturation** est appelée **eau souterraine**.*

La porosité et la structure de la terre déterminent le type de la couche aquifère et la circulation souterraine. Les eaux souterraines peuvent circuler et être stockées dans les strates géologiques : ceci se produit dans le cas dans les sols poreux tels que le sable, le grès et l'alluvium.

2. Quantité sur Terre :

Sur la terre, approximativement 3% de toute l'eau est de l'eau douce. Les eaux souterraines représentent 95% de celle-ci, l'eau de surface 3.5% et l'humidité des sols 1.5%. Sur toute cette eau douce présente sur la terre, seulement 0.36% est prête à l'usage (Léopold, 1974).

Les eaux souterraines sont une source importante d'approvisionnement en eau. 53% de la population des USA reçoivent leurs approvisionnements en eau de sources d'eaux souterraines. Les eaux souterraines sont également des sources importantes pour l'agriculture et l'industrie.

Actuellement, sur terre, nous retirons l'eau des couches aquifères souterraines à une telle vitesse qu'elles n'ont pas le temps de récupérer leurs pertes. Bien qu'immenses, les couches aquifères du monde ne sont pas sans fond et, dans beaucoup de secteurs, les niveaux en eau descendent rapidement. L'eau dans certaines couches aquifères est millénaire et se trouve, maintenant, être les dernières ressources dans certaines des régions les plus sèches de la terre.

V. Contamination des eaux souterraines :

Les eaux souterraines, dans la plupart des conditions, sont plus sûres et plus fiables que l'eau de surface. Une des raisons est que l'eau de surface est plus facilement exposée aux polluants (des usines par exemple) que les eaux souterraines. Ceci ne veut pas dire que les eaux souterraines sont invulnérables à la contamination. Bien qu'il ne soit pas aussi vulnérable que l'eau de surface, les contaminants peuvent atteindre toujours des puits et donc des ménages. Tous les produits chimiques qui sont facilement solubles et pénètrent le sol sont les principaux polluants d es eaux souterraines.

Un polluant peut encore accéder à des puits éloignés grâce aux courants souterrains de l'eau. Par exemple, un produit chimique qui se renverse d'une usine industrielle située à grande distance, pourrait infiltrer la terre et, par la suite, infecter le système de couche aquifère qu'une communauté entière utilise pour leurs puits privés. Cette situation peut avoir des effets dévastateurs : une fois que des eaux souterraines sont souillées, il devient extrêmement coûteux d'enlever la contamination.

Si nous comparons un polluant organique d'une eau souterraine à un d'une eau de surface, l'eau souterraine a moins de microbe pour absorber les polluants organiques, elle a aussi moins d'oxygène et moins de soleil que l'eau de surface pour permettre une évaporation des polluants organiques. Spécialement dans des eaux souterraines lentes, les polluants peuvent persister indéfiniment.

VI. Qualité des eaux souterraines :

La qualité de l'eau se rapporte à des choses telles que la température de l'eau, la quantité de solides dissous, et la teneur en polluants toxiques et biologiques. L'eau qui contient une quantité élevée de matière dissoute par l'action de la désagrégation de produit chimique peut avoir un goût amer, et est couramment appelée eau calcaire. Même si le niveau de *salinité* est le souci le plus commun, les autres solides dissous présent dans les eaux souterraines peuvent poser des problèmes. L'eau calcaire entraîne des dépôts écailleux qui se déposent, par exemple dans les chauffe-eau et les tuyauteries, et rend le savon difficile à mousser. D'autre part, des teneurs élevés en fer sont quelques fois présents dans certaines eaux souterraines. Le fer peut décolorer l'eau et tacher les vêtements ; il est aussi indésirable dans beaucoup de processus de fabrication. Enfin, les sulfates de l'eau peuvent entraîner un goût amer, et peuvent également avoir un effet laxatif.

❖ Eau de surface

Une **eau de surface** précise qu'une eau, telle qu'issue d'un ruissellement, reste à la surface du sol et peut être stockée en étangs ou autres ouvrages de retenue. Elle résume la collecte de l'eau souterraine ou de l'eau atmosphérique.

L'eau de surface est de l'eau qui s'accumule sur le sol ou dans un cours d'eau, dans le lit d'une rivière, d'un lac, d'une zone humide, d'une mer ou d'un océan.

Par définition, les eaux de surface sont tirées des lacs, rivières, chutes d'eau et de la mer. Elles jouent le plus grand rôle dans la formation de l'hydrosphère sur Terre.

Cette eau de surface est naturellement alimentée par les précipitations et naturellement perdue par l'évaporation et l'infiltration souterraine dans le sol. Bien qu'il existe d'autres sources d'eaux souterraines, tels que l'eau fossile et l'eau magmatique, les précipitations sont le principal apport pour les eaux de surface. Les eaux souterraines, qui proviennent de cette façon là, sont plutôt appelée eaux météoriques.

Les **eaux superficielles** qualifient toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. En aquarium, l'interface eau/air, couramment appelée eau de surface, correspond aux eaux superficielles.

I. Etat écologique des eaux de surface :

L'état écologique des eaux de surface est l'expression de la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface.

L'état écologique des eaux de surface est déterminé par l'état de chacun des éléments de qualité biologique, physico-chimique et hydromorphologique.

Une relation étroite existe entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux de surface rechargent les réserves souterraines en période de crue, alors qu'en période sèche, l'eau souterraine contribue au maintien du niveau des lacs et aux débits de base des cours d'eau.

II. Evaluation et qualité des eaux :

La grille de qualité générale des eaux utilisée pour calculer les qualités générales a été élaborée en 1971 (Voir page 04). Elle permet d'estimer l'écart de qualité des rivières.

La grille de qualité s'appuie principalement sur des paramètres représentatifs de l'impact des macropolluants sur la qualité du cours d'eau [température, oxygène dissous et demandes en oxygène (DBO5, DCO), composés azotés indésirables (ammonium et nitrates)]. Ils sont fixés pour satisfaire certains usages (baignade, alimentation en eau potable...) et pour maintenir un fonctionnement biologique équilibré.

1. Les principales dégradations des cours d'eaux :

- **Les macropolluants :** Principales sources de pollution
Les pollutions par le phosphore et les matières organiques sont les plus préoccupantes.
- **Les pesticides :** Une profusion de molécules
- **Les nitrates.**

2. Caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine / Différences entre l'eau de surface et l'eau souterraine :

Les principales différences entre l'eau de surface et l'eau provenant des sols sont résumées dans le tableau ci-dessous. Le tableau suivant est un comparatif entre les caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine en se basant sur les paramètres principaux d'analyse.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine

Caractéristique	Eau de surface	Eau souterraine
Température	variable suivant les saisons	relativement constant
Turbidité, Solide en Suspension (SS)	Due principalement à la SS (argiles, algues) excepté dans les eaux très douces ou acides (acide humique)	Due surtout aux solides dissouts
Teneur en minéraux	Varie avec les sols, les précipitations, les effluents, etc.	Constante, généralement plus élevée que pour l'eau de surface.
Fer divalent et Mn en solution	Souvent nul, excepté dans le fond des lacs et des étangs en cours d'eutrophication	Souvent présent
CO ₂ Agressif	Souvent nul	Souvent présent
O ₂ Dissout	Souvent près du niveau de saturation, absent dans l'eau très polluée	Souvent nul
H ₂ S	Souvent nul	Souvent présent
NH ₄	Trouvé seulement dans les eaux polluées	Souvent détecté
Nitrates	niveau généralement faible	niveau parfois élevé
Silice	proportions modérés	niveau souvent élevé
Micropolluants minéraux et organiques	Peut être présent mais disparaît rapidement une fois que la source est détecté	Habituellement aucun mais une pollution accidentelle peut rester à très long terme
Organismes vivants	proportions modérés	niveau souvent élevé
Micropolluants minéraux et organiques	Bactéries, virus, plancton	Bactéries de fer fréquemment trouvées
Solvant Chlorés	Rarement	Souvent présent
Nature eutrophique	Souvent. Augmente avec la température	Nul

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont : une turbidité faible, une température et une composition chimique constantes, et absence presque totale d'oxygène. Les eaux souterraines de circulation peuvent avoir de grandes variations de composition avec l'apparition de polluants et de divers contaminants. En outre, les eaux souterraines sont souvent très pures, microbiologiquement parlant.

❖ Les méthodes d'évaluation de l'état des eaux

Les analyses de paramètres physico-chimiques, biologiques et hydromorphologiques permettent de dresser un bilan de l'état des eaux de surface continentales. Tour d'horizon des différentes méthodes permettant de déterminer la qualité d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau.

I. Différents éléments de qualité des cours d'eau :

Différents outils d'évaluation de la qualité des eaux se sont succédés depuis les années 70, et ce pour les différents éléments de qualité qui ont été suivis dans le cadre des réseaux de mesure :

- La qualité **physico-chimique** évaluée selon la grille d'évaluation de 1971 puis selon le système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ-Eau) et enfin le Système d'Evaluation de l'Etat de l'Eau (SEEE)
- La qualité **biologique** évaluée grâce à des indicateurs relatifs aux peuplements de végétaux (Indice Biologique Diatomées ou IBD), d'invertébrés (Indice Biologique Global Normalisé ou IBGN) et de poissons (Indice Poisson Rivière ou IPR)
- La qualité **hydromorphologique** des cours d'eau évaluée selon le Système d'Evaluation de la Qualité Physique (SEQ-Physique).

L'état des eaux est défini comme étant la situation la plus délassante entre un **état chimique** se rapportant à des normes de concentration de certaines substances particulièrement dangereuses (toxiques), et un **état écologique** qui repose sur une évaluation des éléments de qualité physico-chimiques et biologiques.

Le système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) permet de diagnostiquer l'état des masses d'eau, en combinant tous ces éléments de qualité.

II. Différents systèmes d'évaluation de la qualité des cours d'eau : (Sont succédés depuis les années 70)

La qualité de l'eau des cours d'eau est régulièrement analysée dans le cadre du réseau de surveillance. Ces analyses permettent de calculer un « **état** » ou une « **qualité** ».

L'évolution des enjeux, de la connaissance et de la réglementation ont conduit à modifier les systèmes d'évaluation de la qualité des eaux, le plus souvent vers une plus grande complexité.

- La grille multi-usage dite « Grille 71 »,

Tableau 2 : Grille de qualité de 1971 simplifiée

PARAMETRES	Bonne ou très bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise qualité
O₂ dissous mg/l	≥ 5	≥ 3	≥ 1	< 1
O ₂ dissous %	≥ 70	≥ 50	≥ 10	< 10
DBO ₅ mg/l	≤ 5	≤ 10	≤ 25	> 25
DCO mg/l	≤ 25	≤ 40	≤ 80	> 80
NO₃⁻ mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 80	> 80
NH₄⁺ mg/l	≤ 0.5	≤ 2	≤ 8	> 8
NO ₂ ⁻ mg/l	≤ 0.3	≤ 1	> 1	.
NTK mg/l	≤ 2	≤ 3	≤ 10	> 10
PO ₄ ³⁻ mg/l	≤ 0.5	≤ 1	≤ 2	> 2
MeST mg/l	≤ 70	.	> 70	.
Phosphore total mg/l	≤ 0.3	≤ 0.6	≤ 1	> 1
Conductivité	≤ 2 000	.	> 2 000	.
pH	≥ 6.5 et ≤ 8.5	.	< 6.5 ou > 8.5	.

- Le système d'évaluation de la Qualité (SEQ) « cours d'eau »,
- Le système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) « cours d'eau ».

En effet, si le SEEE est désormais l'outil de référence pour l'évaluation de l'état, il est possible d'utiliser la grille 70 et le SEQ Eau pour mesurer sur la durée les progrès accomplis.

❖ Les besoins en eau

Dans les régions des pays émergents caractérisées par un climat aride à semi-aride, les contraintes de la croissance démographique et les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. En Algérie, ces 20 dernières années ont été particulièrement caractérisées par une longue période de sécheresse due, non seulement à l'alternance habituelle entre périodes sèches et humides mais également, aux phénomènes des changements climatiques. De graves pénuries sont signalées partout à travers le pays, engendrant une dégradation de la qualité de l'eau qui pose des problèmes fréquents et complexes allant de la pollution des cours d'eau, des nappes phréatiques, des barrages au Nord à la salinisation au Sud. L'équilibre est déjà rompu entre une demande toujours plus grande et une offre arrivée aux limites de la disponibilité. Cette situation liée à la faiblesse de la ressource, aggravée par la sécheresse, les besoins en eau potable (AEP) doubleront et qu'ils représenteront plus de 50% des ressources mobilisables vers l'an 2025.

L'Algérie a été particulièrement vulnérable aux changements climatiques et au réchauffement de la planète qui a marqué le 20ème siècle.

Les données climatiques relevées dans les pays du pourtour de la Méditerranée indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée durant les 30 dernières années [3]. Ces données montrent également une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et des inondations. Ainsi l'Algérie est passée d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle dernier, à cinq - six années de sécheresse en dix ans actuellement. La persistance de cette aridité, observée durant ces 30 dernières années, caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 15% [3], a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau ainsi que sur l'alimentation des nappes souterraines, entraînant des conséquences sensibles sur l'ensemble des activités socio-économiques du pays.

Pour le cas des zones arides, la question essentielle qui se pose est la suivante : "Quelle sera la quantité d'eau nécessaire à l'activité économique de la région de ces zones et en particulier à l'agriculture (irrigation et cheptel) pour que les ressources générées puissent assurer la croissance économique et le renouvellement de la ressource hydrique sans pour autant porter préjudice à son environnement très sensible".

1. Les besoins en eau de la population :

La structure de la population est appréciée selon des critères physiques (zone urbaine et zone rurale), techniques (technologie des équipements hydrauliques) et socio-économiques liés au mode de gestion et au comportement des consommateurs.

2. Les besoins en eau de l'Agriculture :

Les besoins en eau de l'agriculture sont individualisés selon que la demande soit destinée à l'irrigation et/ou à l'élevage. Pour ce dernier, sa consommation, quoique moins importante que celle de l'irrigation, représente une certaine demande qu'il faut nécessairement faire apparaître dans les bilans de planification ; à titre d'exemple, la consommation unitaire journalière d'une vache laitière peut atteindre 100 litres en été. Il en est de même pour la qualité exigée qui est sensiblement identique à celle des besoins humains.

3. Les besoins en eau de l'Industrie :

Les besoins en eau de l'industrie sont difficiles à évaluer en raison d'un certain nombre de facteurs tels le type d'alimentation (réseau séparé ou réseau mixte, recyclage, branches d'activités, produits, procédés techniques, etc.) et de l'incertitude des consommations. Dans notre cas particulier, nous considérerons qu'il ne peut exister que deux types d'industries : Moyennes et Faibles Consommatrices d'Eau (IMCE et IFCE).

Bilan hydrique

Le bilan hydrique est la différence entre les apports et les pertes d'eau dans le sol. Plus précisément, il permet de déterminer les échanges entre l'atmosphère et le système sol végétation. Ce bilan est très important au niveau agronomique, car il évalue les variations des réserves d'eau disponibles dans le sol pour les plantes. En effet, le sol, en fonction de sa texture et de sa structure, possède la capacité de stocker l'eau et de la restituer aux végétaux. L'ensemble de ces échanges, entre l'atmosphère, le sol et la plante, se produit sous la forme de flux.

A la surface du sol, les apports d'eau sont réalisés par les précipitations. Une partie de cet apport va pénétrer dans le sol par infiltration, une autre va ruisseler en fonction de la pente. L'eau va également retourner dans l'atmosphère sous forme gazeuse par évaporation si le processus se réalise depuis le sol ou par transpiration si c'est depuis les plantes. C'est le phénomène d'évapotranspiration.

Le bilan hydrique constitue donc une synthèse de l'ensemble des échanges décrits précédemment. Il se formalise par une équation, valable pour un profil de sol λ ayant un couvert végétal N :

$$P - ETR = R + \Delta S + Dr - Rc$$

Où P sont les précipitations, ETR est l'évapotranspiration réelle, R est le Ruissellement, ΔS la variation de stock de la réserve utile, Dr le drainage, et Rc les remontées capillaires. L'ensemble des paramètres sont exprimées en mm reçus entre deux dates.

L'Algérie se situe parmi les pays les plus défavorisés en terme de potentialités hydriques. En effet, à l'heure actuelle le seuil théorique de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³/habitant/an, est loin d'être atteint (Loucif, 2002).

Étude hydrologique

L'étude hydrologique consiste à définir les caractéristiques des crues de différentes périodes de retour (débits, durées, fréquences). Elle est basée sur la connaissance des chroniques de débit sur la rivière, relevées aux stations hydrométriques et enrichies des informations sur les crues historiques. Des changements significatifs dans l'occupation de l'espace sur le bassin versant (forte urbanisation, reboisement important, etc.) ou des aménagements lourds en amont (barrages écrêteurs de crues) sont susceptibles de modifier le régime des crues (en particulier les crues moyennes) et peuvent nécessiter une actualisation d'études hydrologiques antérieures.