

Pourquoi certaines eaux souterraines sont-elles salées ?

Le cas des aquifères sahariens

Sous le Sahara, l'eau souterraine constitue une ressource vitale pour les populations et les écosystèmes. Mais toutes les eaux ne sont pas douces : certaines sont saumâtres ou salées. Cette salinité provient de la dissolution des minéraux présents dans les roches traversées par l'eau au cours de son long voyage souterrain.

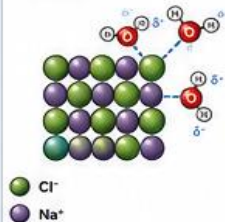
1. LA DISSOLUTION DES MINÉRAUX : COMMENT ÇA MARCHE ?

L'eau de pluie s'infiltré dans le sol et circule lentement à travers les roches. Au contact des minéraux, les molécules d'eau – polaires – s'orientent autour des ions à la surface des cristaux, affaiblissent les liaisons du réseau cristallin et libèrent des ions dans l'eau. Ces ions restent dissous (hydratés) et augmentent la minéralisation et la salinité de l'eau.

DISSOLUTION DES MINÉRAUX ET LIBÉRATION DES IONS DANS L'EAU SOUTERRAINE

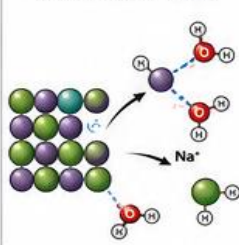
1. Contact eau – minéral

L'eau (H_2O) est polaire. Les molécules d'eau s'orientent autour des ions à la surface du cristal.



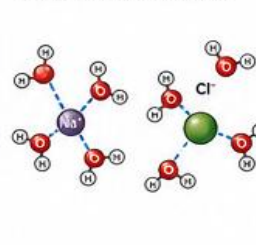
2. Dissolution du minéral

Les liaisons du cristal se rompent et les ions passent en solution.



3. Ions libérés et hydratés en solution

Les ions sont entourés de molécules d'eau (hydratation) et restent en solution.



Les interactions électrostatiques affaiblissent les liaisons du réseau cristallin. Le minéral se dissout.

Le solide se dissocie en ions. Exemples de réactions de dissolution :
 $NaCl(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
 $CaSO_4 \cdot 2H_2O(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2H_2O(l)$

Les ions dissous (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , ...) augmentent la minéralisation et la salinité de l'eau.

2. UN LONG VOYAGE QUI ENRICHI L'EAU EN SELS

Plus l'eau reste longtemps au contact des roches, plus elle dissout des minéraux. Dans les aquifères sahariens, le temps de résidence peut atteindre plusieurs dizaines de milliers d'années : l'eau devient alors très minéralisée.

3. LES PRINCIPAUX MINÉRAUX ET LEURS EFFETS

- **Halite ($NaCl$)** : libère des ions sodium (Na^+) et chlorure (Cl^-).
→ principale responsable de la salinité (jusqu'à ~100 g/L).
- **Gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)** : libère des ions calcium (Ca^{2+}) et sulfate (SO_4^{2-}).
→ contribue à la minéralisation (10 à 50 g/L).
- **Calcaires et dolomies** : en présence de CO_2 dissous, libèrent Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- → responsables surtout de la dureté de l'eau.
- **Autres sels (KCl , $MgSO_4$, ...)** : libèrent K^+ , Mg^{2+} et autres ions.

4. POURQUOI L'EAU DANS LE SAHARA PEUT ÊTRE TRÈS SALÉE ?

- **Présence d'anciennes mers** : des dépôts de sels (évaporites : halite, gypse, ...) se sont formés lors de l'assèchement de mers anciennes.
- **Climat désertique** : forte évaporation → les sels restent dans les sols et les sédiments, puis sont redissous lors des infiltrations.
- **Long temps de résidence** : l'eau fossile circule très lentement et s'enrichit progressivement en ions dissous.
- **Nature des roches** : grès, calcaires, gypses, argiles et marnes contiennent des minéraux solubles qui influencent la qualité chimique de l'eau.

5. TOUTES LES NAPPES SAHARIENNES NE SONT PAS SALÉES

Certaines zones contiennent encore des eaux douces de bonne qualité, notamment dans les aquifères constitués de grès pauvres en minéraux solubles ou à proximité des zones de recharge. La qualité de l'eau dépend donc de nombreux paramètres : nature des roches, durée de circulation, réactions géochimiques et climat.

COMMENT MESURE-T-ON LA SALINITÉ ?

La salinité peut être évaluée de plusieurs façons :

- Conductivité électrique ($\mu S/cm$ ou mS/cm)
- Résidus secs (mg/L) ou TDS (Total Dissolved Solids)
- Analyses ioniques en laboratoire

Une conductivité élevée traduit généralement une forte concentration en ions dissous.



EN CONCLUSION

La salinité des eaux souterraines sahariennes provient principalement de la dissolution des minéraux présents dans les roches et du long temps de résidence des eaux fossiles dans les aquifères. Ces différents processus, renforcés par les conditions climatiques arides, expliquent la grande diversité de qualité observée entre les nappes sahariennes. Comprendre ces mécanismes grâce à la science et à l'expérience de terrain permet à LPDD et à Tidène de choisir les meilleurs sites, de sécuriser l'accès à l'eau et de préserver durablement cette ressource précieuse.

LES FACTEURS QUI CONTRÔLENT LA SALINITÉ



Nature des roches



Temps de résidence



Climat désertique



Recharge des nappes



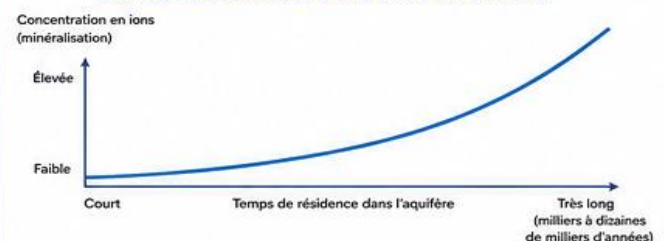
Géochimie de l'eau

COUPE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DES AQUIFÈRES SAHARIENS



Sables et limons	Peu d'effet sur la minéralisation
Grès (peu soluble)	Très peu soluble, peu d'ions libérés
Calcaires	Libère Ca^{2+} et HCO_3^- → augmente la dureté
Gypse	Libère Ca^{2+} et SO_4^{2-} → augmente la minéralisation
Halite (sel gemme)	Libère Na^+ et Cl^- → augmente fortement la salinité
Aquifère profond	Eau de plus en plus minéralisée

L'ÉVOLUTION CHIMIQUE D'UNE EAU SOUTERRAINE



POURQUOI DEUX FORAGES VOISINS PEUVENT DONNER DES EAUX TRÈS DIFFÉRENTES ?



Selon les formations géologiques traversées, l'eau peut être douce ou salée à quelques centaines de mètres seulement.

DES EXEMPLES DE PROJETS LES PUITS DU DÉSERT – TIDÈNE

INTAWAGRÉ (2024) : ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE ET FORAGE SOLAIRE



- Avant tout forage, une étude hydrogéologique est réalisée pour comprendre les formations géologiques, la profondeur de la nappe et la qualité potentielle de l'eau.
- Aquifère identifié entre -40 et 180 m de profondeur.
- Hauteur dynamique = 20 m.
- Débit compatible avec les besoins du village.
- Mise en place d'un forage solaire avec château d'eau et bornes fontaines.
- Eau désormais disponible pour plus de 1 000 habitants et le bétail.

AMATALTAL (2026) : RÉHABILITATION DU CENTRE DE SANTÉ ET FORAGE



- Dans cette zone saharienne isolée, l'accès à l'eau salubre est essentiel pour la santé des populations.
- Réhabilitation du CSI et électrification solaire.
- Nouveau forage (étude en cours).
- Analyse de la qualité de l'eau avant mise en service.
- Formation du personnel et actions d'hygiène.
- Amélioration de la qualité des soins et de l'accès à l'eau pour plus de 3 000 personnes.

LES PRINCIPAUX IONS RESPONSABLES DE LA SALINITÉ



Na^+
Sodium



Ca^{2+}
Calcium



Mg^{2+}
Magnésium



K^+
Potassium



Cl^-
Chlorure



SO_4^{2-}
Sulfate



HCO_3^-
Bicarbonate