

Pourquoi trouve-t-on de l'eau sous le Sahara ?

Partie 1

Le Sahara reçoit aujourd'hui moins de 100 mm de pluie par an sur la plupart de sa superficie. Pourtant, sous cette immensité aride se cachent parmi les plus grands aquifères de la planète. Cette eau n'est pas le fruit du climat actuel, mais d'une histoire géologique exceptionnelle qui s'étend sur plus de 3,5 milliards d'années.

Le socle précambrien : fondation des systèmes hydrogéologiques sahariens

L'histoire géologique du Sahara débute au cours de l'Archéen, il y a plus de 3,5 milliards d'années, avec la mise en place des premiers fragments de croûte continentale.

Ces terrains cristallins, composés principalement de granites, de gneiss et de roches métamorphiques, affleurent aujourd'hui dans les massifs du Hoggar, de l'Aïr, du Tibesti et sur les bordures des grands bassins sédimentaires.

Du point de vue hydrogéologique, ces formations présentent une porosité primaire extrêmement faible. Les espaces intergranulaires ont disparu lors de la cristallisation des minéraux. En conséquence, les circulations d'eau ne peuvent s'effectuer qu'au sein des réseaux de fractures, de diaclases ou de failles créés ultérieurement par les contraintes tectoniques.

Les aquifères du socle sont donc des aquifères fissurés, caractérisés par une forte hétérogénéité spatiale et des réserves généralement limitées.

L'expérience de LPDD – Tidène dans l'Aïr

Dans le massif de l'Aïr, la recherche d'eau dépend essentiellement de la présence de fractures profondes. Deux forages situés à quelques centaines de mètres l'un de l'autre peuvent donner des résultats très différents : l'un fournira plusieurs dizaines de m³ par heure, l'autre sera presque sec. C'est pourquoi les études géologiques et géophysiques sont indispensables avant chaque chantier.



Construction des bassins sédimentaires

À partir du Protérozoïque supérieur puis tout au long du Paléozoïque, l'érosion des reliefs précambriens produit d'importants volumes de sédiments transportés vers les zones subsidentes.

Les mouvements tectoniques favorisent alors la formation de vastes bassins intracratoniques tels que les bassins de Taoudeni, Illizi, Murzuq, Kufra, Tindouf ou lullemeden.

Ces bassins accumulent pendant plusieurs centaines de millions d'années des séries sédimentaires dont l'épaisseur atteint fréquemment 3 000 à 5 000 mètres.

Cette architecture stratigraphique est fondamentale en hydrogéologie car elle alterne :

- des niveaux poreux et perméables (grès, conglomérats, certains calcaires) ;
- des niveaux peu perméables (argiles, marnes, évaporites).

Cette succession constitue les futures unités aquifères et leurs niveaux de confinement.

Les grès paléozoïques : principaux réservoirs aquifères

Entre le Cambrien et le Dévonien (541 à 359 millions d'années), le Sahara est parcouru par d'immenses systèmes fluviaux et connaît plusieurs transgressions marines.

Les fleuves déposent des formations sableuses très homogènes qui, après diagenèse, deviennent les célèbres grès sahariens.

Ces roches présentent des propriétés hydrauliques particulièrement favorables :

- une porosité efficace souvent comprise entre 15 et 30 % ;
- une perméabilité élevée, autorisant des écoulements sur plusieurs centaines de kilomètres ;
- une grande continuité latérale.

Ces caractéristiques expliquent leur capacité à constituer d'immenses aquifères régionaux.

La diagenèse joue ici un rôle essentiel. Une cimentation trop importante aurait réduit la porosité ; inversement, une cimentation modérée a permis la conservation d'un réseau intergranulaire favorable au stockage des eaux souterraines.

Exemples de LPDD – Tidène

Dans plusieurs secteurs d'intervention, comme à Amataltal ou à Intawagré, les forages ont atteint des grès profonds entre 80 et 180 m. Ces aquifères sédimentaires fournissent des débits très réguliers, adaptés à l'alimentation en eau des villages, des écoles et des centres de santé.



Le rôle de la tectonique

À partir du Mésozoïque, la fragmentation du supercontinent Pangée entraîne l'ouverture progressive de l'océan Atlantique.

Cette évolution tectonique provoque le rejeu de nombreuses failles héritées du socle précambrien.

Du point de vue hydrogéologique, ces structures contrôlent plusieurs phénomènes :

- la compartimentation des aquifères ;
- les circulations verticales entre formations ;
- les remontées d'eaux profondes ;
- l'apparition de sources artésiennes dans certaines dépressions.

Les fractures augmentent également la perméabilité des formations cristallines, permettant le développement d'aquifères fissurés localement exploitables.

Les périodes humides du Quaternaire : la recharge des aquifères

Le fonctionnement actuel des grands aquifères sahariens résulte essentiellement des variations climatiques du Quaternaire.

Depuis environ deux millions d'années, l'Afrique du Nord connaît une succession de périodes glaciaires et interglaciaires contrôlées par les cycles astronomiques de Milanković.

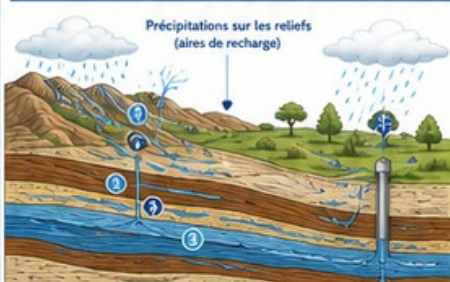
Durant plusieurs épisodes humides, souvent appelés « Sahara vert », les précipitations sont largement supérieures à celles observées aujourd'hui.

Les réseaux hydrographiques deviennent permanents. De vastes lacs occupent les dépressions. Les zones montagneuses jouent le rôle d'aires de recharge où l'infiltration est particulièrement importante.

L'eau percole lentement à travers les horizons perméables avant d'atteindre les grands aquifères profonds.

Les vitesses de circulation restent faibles, généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres par an. Les temps de résidence deviennent alors extrêmement longs, pouvant atteindre plusieurs dizaines de milliers d'années.

1. COMMENT SE FORME UNE NAPPE SOUTERRAINE



- 1 L'eau de pluie s'infiltré dans le sol.
- 2 Elle traverse les couches perméables (sables, grès, calcaires fissurés).
- 3 Elle est arrêtée par une couche imperméable (argiles, marnes, évaporites).
- 4 L'eau s'accumule et forme une nappe souterraine dans la couche poreuse.
- 5 Elle peut ressortir naturellement sous forme de source ou être captée par un puits ou un forage.

- Couches perméables (grès, sables, calcaires)
- Couches imperméables (argiles, marnes, évaporites)
- Nappe d'eau souterraine

2. LE SAHARA : IL Y A 8 000 ANS ET AUJOURD'HUI

Il y a 8 000 ans : le « Sahara vert »



- Climat humide et végétation abondante.
- Grands lacs et rivières permanentes.
- Faune riche : éléphants, girafes, crocodiles, hippopotames...
- Les pluies s'infiltrent et rechargent les nappes souterraines.

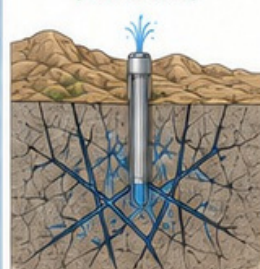
Aujourd'hui : le Sahara actuel



- Climat très aride, pluies rares et irrégulières.
- Rivières temporaires (oueds) qui ne coulent qu'après les pluies.
- Végétation très clairsemée.
- Les nappes ne sont presque plus rechargées aujourd'hui.

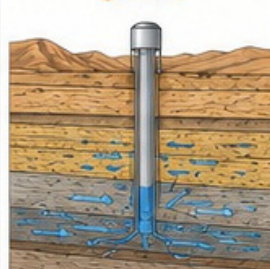
3. DEUX TYPES DE FORAGES, DEUX CONTEXTES GÉOLOGIQUE

a) Forage dans le socle fracturé de l'Aïr (roches cristallines)



- Roches dures et fracturées (granites, gneiss).
- L'eau circule uniquement dans les fractures.
- Profondeurs variables : 40 à 200 m (ou plus) selon la présence de fractures.
- Débits très variables : de quelques litres à plusieurs dizaines de m³/h.

b) Forage dans un aquifère sédimentaire (grès, sables)



- Roches poreuses et perméables (grès, sables).
- L'eau est stockée dans les pores des roches.
- Profondeurs généralement plus importantes : 80 à plus de 250 m.
- Débits souvent plus réguliers et élevés : de 20 à plus de 100 m³/h.



Pourquoi trouve-t-on de l'eau sous le Sahara ?

Partie 2

Une eau vieille de plusieurs milliers d'années

À partir d'il y a environ 6 000 ans, le climat africain devient progressivement plus sec. Les pluies diminuent, les grands lacs disparaissent et les rivières permanentes s'assèchent peu à peu. Le Sahara prend progressivement le visage que nous lui connaissons aujourd'hui.

Cette transformation a une conséquence majeure : les nappes souterraines ne sont presque plus alimentées. L'eau qui s'était infiltrée pendant les grandes périodes humides reste pourtant prisonnière des roches profondes. Les hydrogéologues parlent alors d'**eaux fossiles**. Grâce aux méthodes de datation isotopique, les scientifiques ont montré que certaines eaux pompées aujourd'hui sous le Sahara se sont infiltrées il y a plus de 20 000, voire 40 000 ans. Lorsqu'un forage est réalisé dans certaines régions du nord du Niger, il est donc possible que l'eau qui en jaillit soit tombée sous forme de pluie plusieurs dizaines de millénaires avant la construction des pyramides d'Égypte.

Cette idée est fascinante, mais elle rappelle aussi une réalité essentielle : une grande partie de cette ressource n'est pratiquement pas renouvelable à l'échelle d'une vie humaine.

Pourquoi certains forages réussissent-ils et d'autres non ?

Sur le terrain, cette histoire géologique se traduit par une réalité très concrète. Les habitants connaissent souvent des endroits où leurs ancêtres trouvaient déjà de l'eau, mais cela ne suffit pas toujours à garantir le succès d'un forage moderne.

Avant chaque projet, les équipes de Tidène réalisent donc une véritable étude hydrogéologique. Elles analysent la géologie locale, observent le relief, les écoulements temporaires, la nature des roches affleurantes et utilisent, lorsque cela est nécessaire, des méthodes géophysiques permettant de détecter les zones les plus favorables.

L'objectif n'est pas simplement de trouver de l'eau. Il faut également déterminer : à quelle profondeur elle se situe ; quel sera le débit du futur forage ; si cette eau sera suffisante pour alimenter durablement une école, un centre de santé ou un village ; et surtout si sa qualité permettra une consommation humaine.

L'expérience acquise par LPDD et Tidène au fil de plusieurs centaines d'ouvrages montre que la réussite d'un forage dépend avant tout d'une bonne compréhension du sous-sol. Deux villages voisins peuvent présenter des conditions géologiques totalement différentes. Dans l'un, l'eau sera abondante dès une cinquantaine de mètres ; dans l'autre, il faudra descendre beaucoup plus profondément, ou parfois choisir un autre emplacement.

C'est pourquoi les études préalables représentent un investissement indispensable. Elles évitent des forages inutiles, limitent les coûts et augmentent considérablement les chances de succès.

Pourquoi l'eau est-elle parfois salée ?

Une autre question revient souvent chez les populations locales : pourquoi l'eau est-elle excellente dans certains villages alors qu'elle est salée quelques kilomètres plus loin ?

Là encore, la réponse se trouve dans la géologie. Au cours de leur long voyage souterrain, les eaux dissolvent progressivement les minéraux contenus dans les roches qu'elles traversent. Lorsque ces roches contiennent beaucoup de sels minéraux ou que l'eau séjourne très longtemps dans le sous-sol sans être renouvelée, sa minéralisation augmente progressivement.

Dans certaines dépressions fermées, où l'évaporation est très importante depuis des milliers d'années, les sels peuvent également s'accumuler et enrichir les nappes en éléments dissous.

À l'inverse, les nappes alimentées plus régulièrement par les reliefs de l'Aïr offrent souvent une eau de très bonne qualité.

C'est pourquoi les analyses physico-chimiques réalisées après chaque forage sont essentielles. Elles permettent de vérifier que l'eau répond aux normes de consommation et qu'elle ne présente pas une salinité excessive ou une concentration trop élevée en certains éléments naturels, comme les fluorures, parfois présents dans les régions volcaniques.

Une ressource précieuse qu'il faut préserver

Le Sahara renferme des réserves d'eau immenses, mais cela ne signifie pas qu'elles soient inépuisables. Chaque année, les besoins augmentent. Les villes se développent, les activités agricoles s'intensifient et les populations ont besoin d'un accès toujours plus important à l'eau potable.

Or, dans de nombreux aquifères profonds, les prélèvements sont aujourd'hui largement supérieurs à la recharge naturelle. Autrement dit, nous puisons dans un capital constitué il y a plusieurs milliers d'années.

Cette situation peut entraîner une baisse progressive du niveau des nappes, une augmentation des coûts de pompage et parfois une dégradation de la qualité de l'eau.

Au Niger, ces enjeux sont particulièrement importants. Les épisodes de sécheresse deviennent plus fréquents sous l'effet du changement climatique, tandis que la croissance démographique accroît les besoins en eau.

Pour LPDD et Tidène, construire un forage ne consiste donc pas seulement à réaliser un ouvrage technique. Il s'agit aussi d'accompagner les communautés dans une gestion durable de cette ressource : création de comités de gestion, entretien des équipements, formation des usagers, sensibilisation à l'hygiène et à la protection des points d'eau.

