

E9 - Les méthodes traditionnelles et modernes de recherche des eaux souterraines et des nappes phréatiques

8 février 2012



1) De quoi s'agit-il ?

De chercher des eaux contenues dans le sous-sol, appelées **nappes phréatiques** ou **aquifères**, afin de les pomper, grâce à des techniques appropriées, avec autant de soin et de précision que possible afin de réaliser les puits ou les forages au meilleur endroit et d'éviter des échecs coûteux et décourageants.

2) Qui utilise surtout ce moyen et depuis quand ?

Vers 1250 avant J.-C., Moïse cherchait déjà de l'eau dans le désert du Sinaï à l'aide de son bâton augural de sourcier, pratiquant un art connu depuis la plus haute Antiquité. Cependant, les techniques modernes datent du XXe siècle.

Ce moyen est principalement utilisé dans les pays en développement ou autres régions où l'eau manque et où l'irrigation est essentielle pour les cultures Il est également utilisé dans les pays développés mais le plus souvent pour des besoins autres que la consommation directe (jardinage, géothermie).

3) Pourquoi ?



Etant donnée l'importance croissante et vitale des ressources en eau et du sol dans le monde mais aussi

de leur rareté, il est nécessaire de tout mettre en œuvre pour mieux trouver, gérer et préserver ces ressources essentielles et fragiles.

Les eaux souterraines sont le plus souvent des eaux de bonne qualité souvent enfouies assez profondément et qu'il est vivement recommandé de localiser aussi précisément que possible et d'évaluer, tant en quantité qu'en qualité, avant d'entreprendre des travaux assez coûteux de forage et d'éviter ainsi des échecs coûteux.

Or ces eaux s'avèrent détectables, avec plus ou moins de précision selon les méthodes utilisées, grâce aux ondes électromagnétiques qu'elles émettent.

4) Qui est surtout concerné ? Lieux ou contextes dans lesquels ce moyen paraît le mieux adapté

Ce moyen concerne principalement les zones défavorisées, rurales ou périurbaines. Dans les zones montagneuses, il est difficile de mettre en œuvre cette technique du fait de l'importante profondeur.

Il concerne tout particulièrement les régions connaissant de fortes sécheresses. En effet, les aquifères constituent des **réservoirs naturels** souterrains capables de fournir de grandes quantités d'eau potable pendant la saison sèche, période durant laquelle les rivières peuvent être tarées.

5) En quoi consiste ce procédé ? Comment est-il mis en œuvre ?

Il s'agit en fait de différentes méthodes allant de la plus rudimentaire, mais néanmoins intéressante pour les personnes ou petites communautés disposant de faibles moyens comme celle des sourciers, à la plus sophistiquée comme l'analyse préalable de photos satellites ou l'étude de la RMP (Résonance magnétique protonique).

Le but de cette fiche n'est pas d'expliquer en détail le mode de fonctionnement et d'utilisation de ces diverses techniques, celles-ci ne pouvant être utilisées pour la plupart que par des spécialistes et étant assez coûteuses, mais d'en expliquer le principe et les principaux avantages ou inconvénients de façon à permettre à des communautés ou à des Responsables d'en connaître les caractéristiques principales et de pouvoir contacter des sociétés spécialisées en meilleure connaissance de cause.

La recherche de sources d'eaux souterraines doit tenir compte à la fois de critères techniques (hydrogéologiques) et de critères socio-économiques (proximité d'un village, coût de l'investigation), mais la proximité des bénéficiaires reste souvent le critère prépondérant.

Il existe différentes méthodes de prospection des nappes. Traditionnellement, la méthode du sourcier était la seule qui permettait de rechercher des eaux souterraines. Puis, se sont développées des techniques plus modernes et scientifiques permettant d'améliorer significativement les taux de réussite des ouvrages de captage.

a) L'enquête préalable

Il est vivement recommandé aux prospecteurs de nappes, surtout s'ils ne sont pas originaires de la région concernée, **de réaliser des enquêtes préalables** afin de recueillir des renseignements pouvant leur donner déjà de précieux renseignements sur les endroits où l'on peut avoir quelque chance de trouver de l'eau.

Selon l'importance du captage prévu, cela peut être :

- soit, après un premier repérage des lieux et un entretien avec le chef ou les responsables des villages, une enquête auprès de leur population afin de savoir où auraient été éventuellement déjà creusés des puits ou aménagés des sources, à quels endroits la végétation est plus verte et le reste pendant la saison sèche, où les arbres ou la végétation pousse-t-elle naturellement le mieux, où sont situés les points d'eau existants qui ont le meilleur débit en toutes saisons, comment sont disposées les termitières s'il en existe etc

- soit, ou en même temps, une recherche de la carte géologique de la région, de données climatiques et de toutes informations appropriées susceptibles d'être trouvées auprès des autorités locales ou régionales ou d'autres associations ou opérateurs intervenant dans la région.

b) La méthode du sourcier

Dans de nombreux pays (y compris en France), certaines personnes possèdent des dons pour étudier et déterminer la présence d'eau dans un site et détecter les lieux de passage de circulations d'eau (veines, failles et nappes aquifères).

Appelés « sourciers », ce sont souvent des personnes qui ont des dons particuliers et qui ont été initiées par un de leurs prédécesseurs ou un sage du village.

Le principe consiste à :



Utilisation de baguettes par un sourcier
au Burkina Faso - Photo Sogreah

- Choisir une baguette, par exemple en forme de « Y » formée par les bâtons d'un arbre, souvent un manguier ou des baguettes métalliques
- Positionner la (ou les) baguette(s) entre ses doigts de façon à amplifier les sensations ressenties et voir si elle(s) bouge(nt) et se retourne (ou se croisent) à l'endroit présumé.
- Réaliser des profils qui se recroisent afin de déterminer les zones les plus intéressantes.



Il existe différents types de baguettes :

- La baguette en "Y" ou en « V »
- Les baguettes métalliques
- Les baguettes parallèles
- Le lobe Hartmann
- L'antenne de Lecher

Lorsque le sourcier utilise des baguettes métalliques, il les dispose parallèlement entre ses doigts et s'il s'approche d'un lieu sous lequel il y a de l'eau, ses baguettes se rapprochent et finissent par se croiser d'autant plus que la source souterraine est importante, expérience que plusieurs peuvent d'ailleurs tenter de faire et de réussir, mais cette détermination reste peu précise et n'indique pas l'importance de la nappe.

De plus, cela ne permet pas de déceler de faibles écoulements d'eau en relative profondeur.

c) Les méthodes modernes

Celles-ci permettent de mieux localiser les nappes et surtout de mieux en évaluer les dimensions, le

volume et même la qualité et la pérennité.

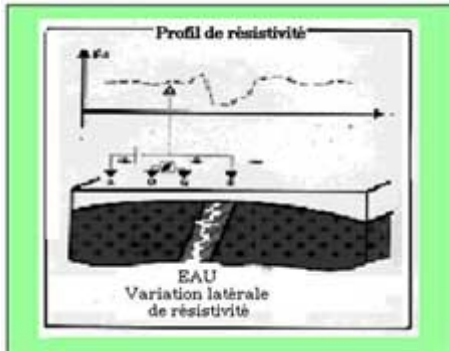
La topographie

L'analyse de la cartographie et des indices végétaux donne une première approche de la présence d'eau. On peut même dans le cas de recherches à grande échelle réaliser une analyse globale de la géologie par photo-interprétation (d'images satellites ou de photos aériennes), laquelle peut mettre en évidence la présence de grandes lignes du relief pouvant être à l'origine de fractures à direction identifiable ou d'affleurements.

L'hydrogéophysique

Les méthodes géophysiques représentent aujourd'hui les **principales méthodes de prospection** et de détection des aquifères souterrains. La technique choisie est surtout fonction du contexte géologique.

Les Méthodes géophysiques traditionnelles



<http://forage.puit.sourcier.pagesperso-orange.fr>

Avec ces méthodes, **on cherche à étudier les propriétés physiques et en particulier électriques du sol**. En effet, les nappes sont le plus souvent enfermées entre des roches. Or toutes les roches sont plus ou moins conductrices d'électricité, mais avec des conductibilités ou des résistances qui varient suivant leur nature : roches compactes, sèches, fracturées, mouillées, et structures perméables, imperméables.

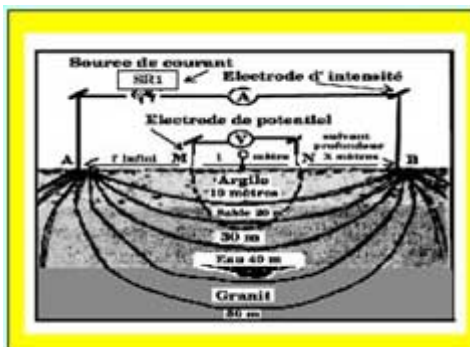
La résistivité électrique d'une matière est la capacité de celle-ci à s'opposer au passage d'un courant électrique ;

Les méthodes sont donc fondées sur la propriété des sols et des roches à conduire ou non l'électricité et la mesure de leur conductivité ou résistivité (l'inverse de la conductibilité).

De ces mesures sont ensuite déduites et précisées, ou seulement supposées mais avec une bonne probabilité, la nature, l'importance et la qualité de la nappe.

Il existe **deux principaux types** de méthodes, lesquelles sont d'ailleurs parfois utilisées successivement :

a) Les méthodes de mesure de la résistivité électrique par courant continu.



<http://forage.puit.sourcier.pagespe...>

C'est la plus utilisée car elle est adaptée au plus grand nombre des situations.

La mise en place du dispositif consiste à envoyer un courant continu dans une structure géologique de terrain donné (50 à 400 volts suivant la résistivité - conductivité de celle ci) et ce, à l'aide de deux électrodes (A et B).

Il existe différents dispositifs de placement des électrodes (Wenner, Schlumberger, en carré...).

La zone à étudier ne doit pas être trop large et plutôt absente de relief. et de constructions empêchant de

disposer de lignes AB assez longues (plus de 300m).et pouvant interférer.

b) Les méthodes de mesure de cette réactivité par voie magnétique

Plus simples à mettre en place, comme les méthodes Slingram et VLF, ces méthodes mesurant les signaux électromagnétiques dus à des phénomènes d'induction magnétique n'ont pas besoin de contacts avec le sol, et par conséquent d'électrodes. Elles permettent de mesurer la réactivité d'un sol à une excitation électromagnétique. Mais elles ne peuvent être employées sur tous les terrains et notamment pour des aquifères de plus de 20 mètres de profondeur, voire moins et semblent être actuellement moins utilisées.



Recherche d'eau avec la technique de la résonance magnétique au Tchad - Photo Iris Instrument

La Méthode de sondage dite RMP (résistance magnétique protonique)

C'est une méthode de recherche directe de l'eau. Elle consiste à envoyer des courants électriques dans le sol, puis à mesurer des signaux provenant des noyaux atomiques d'hydrogène des molécules d'eau. Elle nécessite du matériel très perfectionné et notamment des magnétomètres à protons permettant de mesurer des champs électromagnétiques et dont les enregistrements peuvent être interprétés sur place et permettre surtout d'en déduire en quelques secondes la quantité d'eau présente sous terre dans la roche.

Recherche d'eau avec la technique de la résonance magnétique au Tchad (Photo Iris Instruments)

L'Utilisation de l'isotopie

Cette méthode permet surtout de **suivre l'écoulement de l'eau, mais également d'estimer l'âge des eaux souterraines**. On sait que la nappe souterraine se renouvelle par l'infiltration d'eau dans la zone d'alimentation où la formation géologique aquifère est exposée à la surface. Des déterminations à l'aide d'isotopie peuvent souvent donner des indications.

En effet, s'il y a infiltration, on pourra la détecter et l'évaluer en analysant les variations de la teneur d'isotopie du sol humide au-dessus de la nappe phréatique. Les isotopes les plus utilisés sont le tritium, le deuterium, l'oxygène 18 et le carbone 14. Les résultats indiquent que cette méthode est fiable et prometteuse, en particulier si elle est utilisée avec des modèles physiques décrivant l'écoulement des eaux.

6) Remarques - Précautions à prendre

- Les sourciers ne peuvent en aucun cas garantir ni la présence d'eau, ni la profondeur, ni le débit, ni la potabilité de l'eau car ils se basent sur une approche sensitive. Celle-ci peut en outre être faussée par des perturbations diverses (manque de concentration, présence d'un courant électrique). Pour optimiser la prospection des nappes, un complément d'informations et de mesures sont donc nécessaires.

- **Il est indispensable de faire appel à des hydrogéophysiciens si on doit entreprendre de grands travaux de forages sans risque important.**

Il faut en effet avoir non seulement du matériel très sophistiqué et savoir l'entretenir, mais encore de solides connaissances et de l'expérience.

7) Principaux avantages et inconvénients

a) Avantages

Ces méthodes permettent d'éviter de faire parfois de graves ou coûteuses erreurs de prospection des eaux souterraines et de gagner à la fois du temps et de l'argent.

Les enquêtes préalables sur le terrain et la méthode des sourciers fournissent déjà des indications intéressantes et à moindre coût lorsqu'on ne dispose que de faibles moyens..



Recherche de nappe par étude géophysique à Namou

Kounlogue au Togo - Photo Cartas Togo

Les méthodes fondées sur la résistivité et la conductivité électrique sont des techniques beaucoup plus précises à grande densité spatiale de mesure, qui permettent une exploration relativement fine. Elles permettent de déceler des signes indirects de présence d'eau.

La méthode par sondage RMP est une méthode novatrice de détection directe et rapide de la présence d'eau de plus en plus utilisée.

b) Inconvénients

La plupart du temps, l'implantation sur la seule base des affirmations d'un sourcier ne porte pas ses fruits ou est trop imprécise.

De plus, l'efficacité d'un type d'implantation est difficile à évaluer étant donné que les situations sont très rarement comparables.

Par ailleurs, l'utilisation de ces équipements présente des inconvénients : ceux-ci permettent une localisation jusqu'à une certaine profondeur seulement et les indications peuvent être faussées par la présence de signaux électromagnétiques et de lignes électriques.

Mais les techniques modernes d'hydrogéophysique sont coûteuses. Elles ne peuvent donc être utilisées que pour l'implantation de grands ou nombreux ouvrages d'exhaure disposant de budgets importants.

8) Coût

Souvent, la prospection des nappes importantes des pays du Sud est financée grâce au Programme des Nations-Unies pour le Développement et la Banque Mondiale. Une étude préalable doit permettre d'estimer la valeur des informations à acquérir (c'est-à-dire leur utilité et leur coût de revient).

Si le coût d'un sourcier est faible, de l'ordre de quelques petites dizaines d'euros, **celui de l'utilisation des méthodes modernes est beaucoup plus élevé** et dépend des situations rencontrées et des méthodes utilisées. Il est toujours de plusieurs milliers d'euros.

Les tarifs des sourciers varient en fonction du pays, de l'expérience du sourcier et des frais de déplacement. Les sourciers de Dapaong au Togo facturaient par exemple leurs prestations entre 80 et 160 €

Les appareils réalisant les mesures d'hydrogéophysiques ont un coût qui dépend de la taille de l'appareil, des frais d'entretien et de la formation à son utilisation. Il est difficile de préciser ces coûts car il existe peu d'informations sur les rémunérations des spécialistes de la prospection des nappes, sur la (ou les)

méthode(s) utilisée(s) et sur le type de zone étudiée.

Il faut en outre prendre en compte l'apport des matériaux sur le terrain, l'hébergement et la restauration de l'équipe technique.

On considère généralement que la recherche du lieu d'implantation d'un forage ne doit pas dépasser 20% du coût du forage proprement dit.

9) Exemple de réalisation



Appareillage RMP - Photo IRIS Instruments

Au Tchad, plus de 300 000 réfugiés des pays voisins se sont installés ces dernières années dans l'Est où le manque d'eau est déjà important.

Afin de trouver de nouvelles ressources en eau, plusieurs ONG dont Oxfam ou l'UNHCR (Organisations des Nations Unies pour les Réfugiés) ont travaillé en partenariat avec Iris Instruments, société française de fabrication d'équipements et de formation.

La principale méthode utilisée a été celle de l'imagerie à résonance magnétique qui, en envoyant des courants électriques dans le sol, permet de rechercher des atomes d'hydrogène et de déterminer la quantité d'eau présente dans la roche à condition toutefois que celle-ci soit à moins de 150 m de profondeur, ce qui était le cas au Tchad.

Plusieurs nappes ont pu être ainsi décelées dans la région d'Iriba.

Un kit complet de résonance magnétique pèse environ 350 Kg et coûte environ 140 000 €.

10) Où s'adresser pour trouver davantage d'informations - Bibliographie ?

a) Sites Internet

- **Site d'IRIS** : Article de 3 pages « TCHAD_ Faire une radiographie du désert pour trouver de l'eau » expliquant comment fonctionne et a été utilisée au Tchad la méthode de recherche d'eau par résonance magnétique (citée au 9° en bonne pratique) :

Disponible en ligne sur : <http://www.irinnews.org/fr/ReportFr...>

- **Site de l'Office International de l'Eau** : Regroupe les documents de travail (titre/auteur/pays) portant sur la recherche de l'eau ou l'assainissement disponible sur : <https://www.oieau.fr/>

- **Site International Atomic Energy Agency** : L'article présente la méthode isotopique par l'application d'une prospection des ressources hydrauliques dans le désert :

Disponible sur : <http://www.iaea.org>

b) Vidéo

Daily motion : Courte vidéo de 2 ' "Comment trouver une source ?" montrant comment un sourcier peut utiliser de simples baguettes pour repérer de l'eau en sous-sol.

Disponible, en ligne, sur : <http://www.dailymotion.com/video/x4...>

c) Bibliographie

- **Action contre la faim** : « **Eau - Assainissement - Hygiène pour les populations à risques** »

Ouvrage très complet de 745 pages édité chez Hermann 6 rue de la Sorbonne 75 006 Paris (50€) explicitant et illustrant les diverses techniques d'accès à l'eau ou à l'assainissement utilisées par ACF et dont les pages 131 à 173 concernent la prospection des nappes souterraines, sujet très bien traité et expliquant en détail avec de nombreux exemples et illustrations les diverses méthodes existantes.

- **MARGAT, J.** : **“Les ressources en eau. Conception, évaluation, cartographie, comptabilité.”**

Ouvrage de 146 pages édité chez FAO/BRGM, aux collections Manuels et méthodes n°28, à Orléans, qui présente la nécessité de l'approche prospective afin d'éviter les crises de l'eau.

- **CINAM** (Cie d'études industrielles et d'aménagement-Montpellier) : livret de formation de formateurs « **Le point d'eau au village** » contenant de nombreuses fiches sur les puits, les pompes, l'hygiène, les latrines ainsi que 4 fiches (2.1 à 2.4) sur la recherche de nappes phréatiques , disponible, en ligne, sur :

<http://www.pseau.org/outils/ouvrage...>

- Emplacement : Accueil > fr > WikiWater > Les fiches > Faciliter l'accès à l'eau > Rechercher >

- Adresse de cet article :

<https://wikiwater.fr/E9-Les-methodes-traditionnelles-et-modernes-de-recherche-des-eaux-souterraines>