

PROCEDURES DE DEVELOPPEMENT DE FORAGES ET D'ESSAI DE POMPAGE

MADAGASCAR

unicef 
pour chaque enfant



1 Contexte

La réalisation de forages de qualité est fondamentale pour l'accès universel à l'eau potable. Des forages de mauvaise qualité conduisent à une défaillance prématurée ou fournissent une eau de piètre qualité. Ces forages ne présentent pas à l'évidence un bon rapport qualité/prix, car ils finissent par être abandonnés par les usagers. Dans le cadre de son programme d'approvisionnement en eau potable à Madagascar, l'UNICEF a la volonté de contribuer au renforcement des capacités du secteur du forage et d'harmoniser les pratiques de forage. Cette fiche technique décrit les procédures de développement et des essais de pompage, qui sont essentielles dans la réalisation de forages durables et de qualité.

2 Développement d'un forage

Qu'est-ce que le développement d'un forage ?

Autant dans les zones sédimentaires que dans les zones cristallines, les fluides de forage ou les particules fines déplacées lors de la foration peuvent colmater la crépine et l'aquifère au voisinage du forage. Cela empêche l'eau de circuler librement, d'où une réduction considérable du débit du forage. En effet, si la formation géologique autour de la zone de la crépine et du massif filtrant n'est pas bien rincée, l'efficacité du forage peut baisser et la crépine risque de se colmater plus rapidement.

Le développement d'un forage consiste à nettoyer la zone de l'aquifère à proximité immédiate des crépines afin d'éliminer tous déblais et fluides de forage, ainsi que les sédiments en suspension.

Comment développe-t-on un forage ?

Le développement d'un forage est réalisé soit par pompage, soit par soufflage (air-lift)¹ et il doit permettre d'atteindre un débit nominal d'au moins 30% supérieur au débit d'exploitation du forage².

Un forage doit être développé jusqu'à l'obtention d'une eau claire dépourvue de turbidité et de toutes particules fines. Au moins quatre échantillons d'eau doivent être collectés dans un récipient transparent (exemple après 10min., 30min., 1h, 2h, etc.) pour vérifier qu'aucun sédiment ne se dépose au fond et que l'eau est exempte de toute turbidité. Le développement de certains forages prend quelques heures tandis que pour d'autres, il peut nécessiter plusieurs jours, selon la géologie du terrain et la méthode de forage. Après le développement, il est recommandé d'attendre au moins 24h avant d'effectuer un essai de pompage pour permettre au niveau d'eau de retrouver son état initial.

Figure 1: Echantillons d'eaux collectées lors du développement d'un forage



3 Essai de pompage

Qu'est-ce qu'un essai de pompage ?

Les essais de pompage sont réalisés pour déterminer la productivité d'un forage et sa capacité à répondre aux besoins des usagers en termes d'eau potable. Ils fournissent de l'information sur le forage ainsi que les propriétés de l'aquifère. En plus, les essais de pompage fournissent une information utile permettant de définir la profondeur optimale pour l'installation de la pompe³.

Comment réalise-t-on un essai de pompage ?

Deux types d'essais de pompage sont souvent réalisés :

- L'essai de pompage par paliers (enchainés⁴ ou non-enchainés) : il consiste à pomper à débits croissants pour déterminer la performance du forage.
- L'essai de pompage à débit constant (essai longue durée) : le pompage est effectué à débit fixe sur une plus longue période (quelques heures à quelques jours) pour déterminer les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère.

L'essai de pompage à débit constant est la meilleure option pour prédire le comportement à long terme d'un aquifère soumis à un pompage.

Mesure des niveaux d'eaux

Il est important de mesurer le niveau statique de l'eau avant et après un essai de pompage et de suivre l'évolution du niveau dynamique. Les niveaux d'eau doivent être mesurés à des intervalles de temps réguliers, pendant les phases de pompage et de remontée (Tableau 1). Les mesures doivent être prises selon un intervalle de temps court en début de pompage/remontée, puis l'intervalle est plus long car les rabattements évoluent lentement avec le temps.

Tableau 1 : Intervalle de temps entre les mesures

| Durée depuis le début du pompage (ou de la remontée) (min.) | Intervalle de temps entre 2 mesures successives (min.) |
|---|--|
| 0 - 5 | 1 |
| 5 - 60 | 5 |
| 60 - 120 | 20 |
| >120 | 60 |

Equipement de base

Les deux paramètres qui doivent être mesurés durant tout essai de pompage sont le niveau d'eau et le débit de pompage. L'équipement

¹Le pompage consiste à pomper l'eau à un débit plus élevé que le débit d'exploitation du forage. Lors du développement par air-lift, de l'air est injecté dans le forage afin de faire remonter l'eau à la surface.

²Pour une pompe à motricité humaine le débit nominal est de 0.9 m³/h.

³Pour un fonctionnement optimal de la pompe, elle doit être installée au moins 2 m en dessous du niveau dynamique minimum et 1 m au-dessus de la crépine.

⁴L'essai par paliers enchainés est aussi appelé essai simplifié. Pour une interprétation rigoureuse des résultats de cet essai, les rabattements mesurés doivent être corrigés pour ne refléter que le palier du pompage en cours.

de base nécessaire pour y parvenir est le suivant :

- Sonde piézométrique, le moyen le plus pratique et sûr de mesurer les niveaux d'eau ;
- Débitmètre ou seau et chronomètre, pour la mesure des débits de pompage ;
- Conduite d'évacuation/refoulement, pour évacuer l'eau pompée et éviter qu'elle ne retourne dans le forage et influence les mesures des niveaux d'eau ;
- Pompe électrique immergée (ou une motopompe) et un générateur.

4 ► Catégorie de forages

Forage à faible débit

Qu'il soit manuel ou mécanisé, un forage est considéré à faible débit s'il génère un débit maximum de 5m³/h. Pour ce type de forage habituellement équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH), il est recommandé d'effectuer un essai par paliers avec un maximum de trois paliers (tableau 2). Le calcul des débits par palier tel que présenté dans le tableau 2 permet d'obtenir des débits comparables et d'éliminer l'effet des variations dans le temps.

Tableau 2 : Procédures pour forages à faible débit

| Débit (Q _{max}) obtenu après le développement du forage (m ³ /h) | Palier | Débit de pompage (m ³ /h) | Essai par paliers enchainés (essai simplifié) | | Essai par paliers non enchainés | |
|---|--------|---|---|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| | | | Durée de pompage (h) | Mesure de la remontée | Durée de pompage (h) | Mesure de la remontée |
| 2 < Q _{max} ≤ 5 | 1 | Q ₁ = [0.7 - 1] | 2 | Non | 1 | Oui |
| | 2 | Q ₂ = (Q ₁ + Q ₃)/2 | 1 | Non | 1 | Oui |
| | 3 | Q ₃ = Q _{max} | 1 | Oui | 1 | Oui |
| 1 < Q _{max} ≤ 2 | 1 | Q ₁ = [0.7 - 1] | 2 | Non | 2 | Oui |
| | 2 | Q ₂ = Q _{max} | 2 | Oui | 2 | Oui |
| 0.6 < Q _{max} ≤ 1 | 1 | Q ₁ = Q _{max} | 4 | Oui | 4 | Oui |

Q₁ doit être proche du débit de la PMH.

Forage à gros débit

Un forage à gros débit fournit plus de 5 m³/h et est généralement relié à un système à petite ou moyenne échelle pour approvisionner en eau potable une plus grande population (au moins 1500 personnes). La capacité des réservoirs de ces systèmes de distribution d'eau est de l'ordre de 15 à 60 m³. Pour ces forages à gros débits, des essais de pompage plus complets doivent être effectués. Un essai par paliers non-enchainés d'au moins 4 paliers de 1.5 heures chacun doit être effectué, et les niveaux d'eau de la remontée mesurés à des intervalles réguliers (tableau 3). Enfin, les essais par paliers peuvent être suivi d'un essai longue durée afin de déterminer les caractéristiques de l'aquifère.

Tableau 3 : Procédures pour forages à gros débit

| Essai par paliers non enchainés | | | |
|---------------------------------|--|----------------------|-----------------------|
| Palier | Débit de pompage (m ³ /h) | Durée de pompage (h) | Mesure de la remontée |
| 1 | Q ₁ = 1 x Q _{max} /4 = Q _{max} /4 | 1.5 | Oui |
| 2 | Q ₂ = 2 x Q _{max} /4 = Q _{max} /2 | 1.5 | Oui |
| 3 | Q ₃ = 3 x Q _{max} /4 | 1.5 | Oui |
| 4 | Q ₄ = 4 x Q _{max} /4 = Q _{max} | 1.5 | Oui |

⁵La "Fiche I" sert pour les informations sur le développement du forage et la coupe de forage (coupes technique et lithologique).

5 ► Conclusion

Le développement d'un forage et les essais de pompage doivent être abordés de manière flexible, et être adaptés aux conditions de terrain. Toutefois, ils ne peuvent produire les résultats escomptés s'ils ne sont pas réalisés de manière professionnelle. Il est donc impératif de respecter les spécifications techniques fournies dans le dossier d'appels d'offres (DAO). De plus, toutes les données obtenues lors du développement et des essais de pompage doivent être collectées et consignées dans les fiches produites par l'UNICEF et annexées aux DAO :

- Fiche I_Coupe de forage_Annexe_3A⁵
- Fiche II_Essai de débit par paliers_Annexe_3B
- Fiche III_Essai longue duree_Annexe_3C

Enfin, le principe d'interprétation des essais de pompage doit suivre la méthode semi-logarithmique de Jacob pour déterminer la performance du forage (CICR, 2011). Cette méthode est simple à mettre en œuvre et applicable dans de nombreux contextes.

6 ► Ressources additionnelles

- CICR (2011) Revue Technique - Guide pratique pour les essais de pompage de puits, 108p.
- Danert K., Armstrong T., Adekile D., Duffau B., Ouedraogo I. and Kwei C. (2012) Code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages, Réseau pour l'Approvisionnement en Eau en Milieu Rural (RWSN).
- MacDonald A., Davies J., Calow R. and Chilton J. (2005) Assessing the yield of a source, p209-240 in Developing Groundwater: A Guide for Rural Water Supply, ITDG Publishing 384p.

unicef | pour chaque enfant

Crédits

Photos et Illustrations: © UNICEF Madagascar/2017/Serele

Remerciements

Cette fiche technique a été révisée par

- Silvia Gaya, Chef WASH, UNICEF Madagascar;
- Luc Herrouin, Spécialiste WASH, UNICEF Madagascar ;
- Dr. Kerstin Danert, Spécialiste WASH, Réseau pour l'Approvisionnement en Eau en Milieu Rural (RWSN), Fondation SKAT, Suisse

A propos de l'auteur

Charles Serele, PhD., Spécialiste WASH - UNICEF Madagascar

Contact pour informations additionnelles

UNICEF MADAGASCAR

antananarivo@unicef.org

