



HAL
open science

Hyderabad, un observatoire des eaux souterraines face au changement global

Jean-Christophe Maréchal, Adrien Selles, Benoît Dewandel, Shakeel Ahmed

► **To cite this version:**

Jean-Christophe Maréchal, Adrien Selles, Benoît Dewandel, Shakeel Ahmed. Hyderabad, un observatoire des eaux souterraines face au changement global. Géologues, 2017. hal-02176157

HAL Id: hal-02176157

<https://brgm.hal.science/hal-02176157>

Submitted on 7 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Hyderabad, un observatoire des eaux souterraines face au changement global

Jean-Christophe Maréchal¹, Adrien Selles², Benoit Dewandel¹, Shakeel Ahmed³

Avec plus de 25 millions de puits ou forages équipés de pompes mécanisées, l'Inde est le plus gros consommateur d'eau souterraine au Monde. L'irrigation des cultures est maintenant dominée par l'usage des **eaux souterraines qui contribuent à 60% des volumes prélevés**, et ce, particulièrement en milieu aride à semi-aride. C'est au cœur de ces réservoirs souterrains en déséquilibres quantitatifs et qualitatifs que le BRGM et le NGRI (National Geophysical Research Institute) ont créé en 1999, à Hyderabad dans le sud de l'Inde, un observatoire des eaux souterraines au sein des aquifères de socle. Constitué des sites de Maheshwaram et de Choutuppall (Fig. 1), il permet de suivre la réponse des eaux souterraines aux changements globaux qui affectent ce pays en pleine expansion économique. Dans un milieu privé d'écoulements de surface et de sources du fait du rabattement du niveau des nappes, les observations se sont focalisées sur l'aquifère au travers des nombreux forages disponibles.

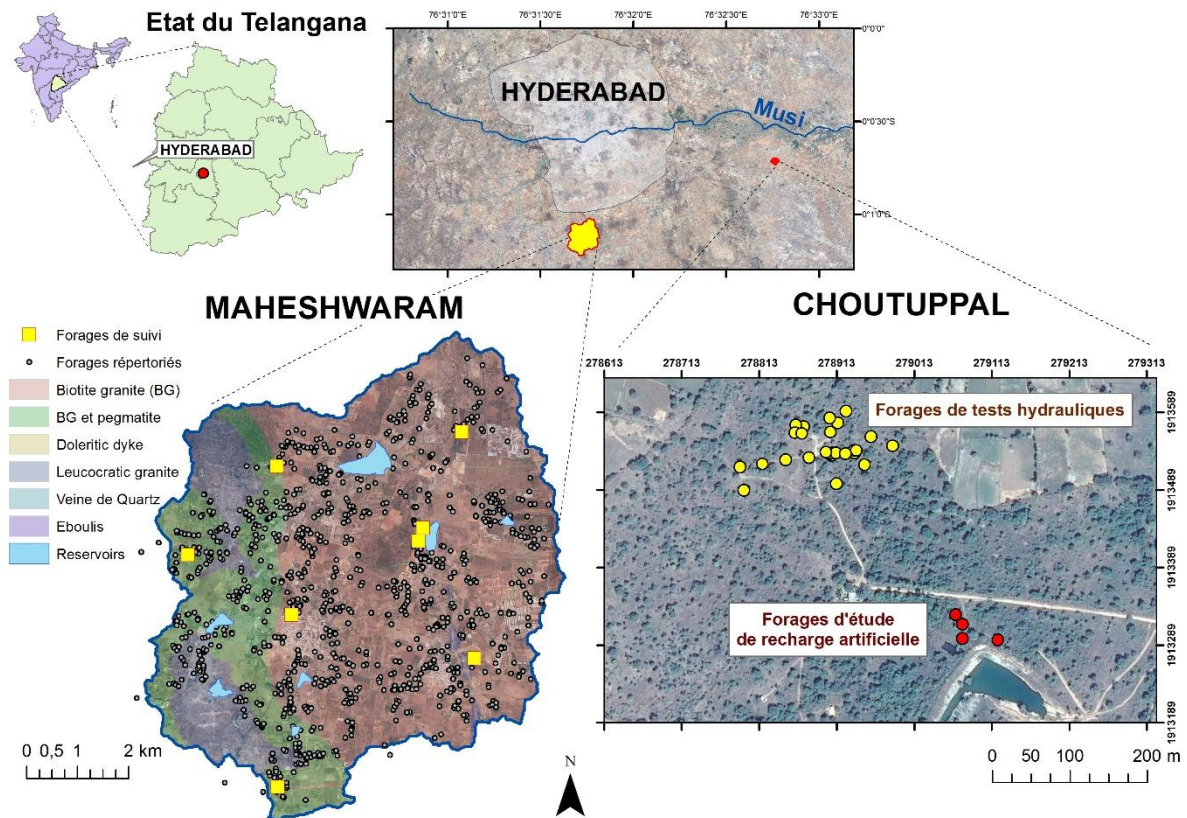


Figure 1 : carte de localisation de Maheshwaram et Choutuppall . Source : BRGM

A Maheshwaram, le bassin versant rural, fortement surexploité pour l'irrigation (près de 1000 forages d'eau sur 50 km²) a connu une période de décroissance chronique des niveaux d'eau souterraine suivis par notre réseau d'observation jusqu'à ce qu'ils se stabilisent par une autorégulation des prélèvements liée à l'assèchement de nombreux puits. La construction proche du nouvel aéroport international a ensuite modifié les pratiques agricoles, gelant des terrains au profit de la spéculation, entraînant le bassin versant vers une occupation de type semi-urbain. L'existence de nombreux forages abandonnés permet de disposer de nombreuses données piézométriques saisonnières (de l'ordre de 150 à 200 mesures sur la superficie de 50 km² avant et après la mousson, Fig. 2). Sur la base des observations de fluctuations des niveaux piézométriques mises en place sur l'observatoire, un outil d'aide à la décision (Dewandel

¹ Directeur de l'unité NRE, BRGM, Univ. Montpellier, Montpellier. Courriel : jc.marechal@brgm.fr

² Chairman, Indo-French Center for Groundwater Resource, BRGM, Hyderabad.

³ Chairman, Indo-French Center for Groundwater Resource, National Geophysical Research Institute, Hyderabad

et al. 2010) a été développé pour prendre en compte l'impact des changements de cultures et de modes d'irrigation sur les niveaux des nappes (projet *Asia Pro Eco Sustwater*). Une caractérisation fine des propriétés hydrodynamiques du réseau de fractures a également été réalisée au moyen de tests hydrauliques (Marechal et al, 2004).

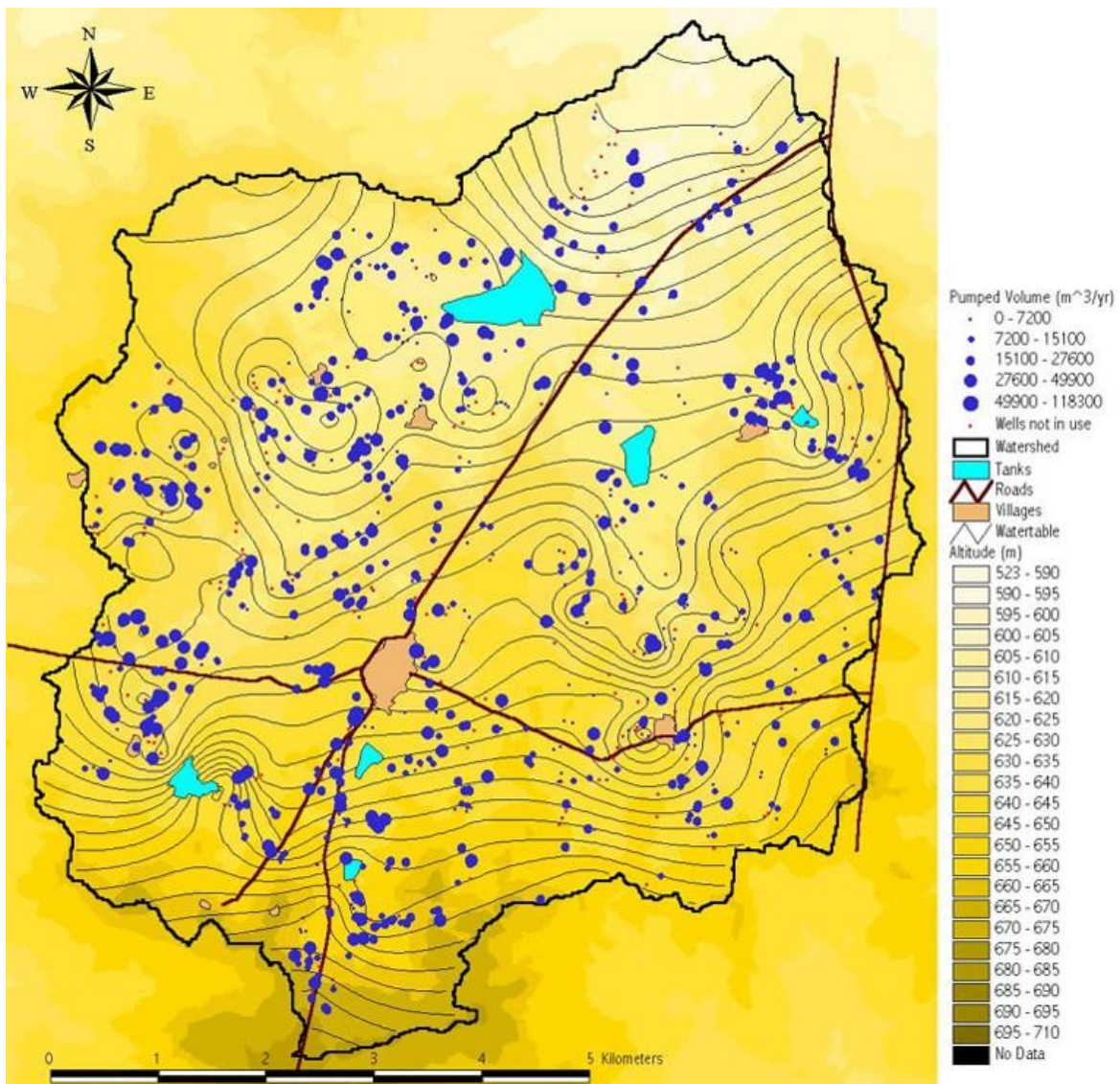


Figure 2 : Carte piézométrique du bassin versant de Maheshwaram (ronds bleus : puits de pompage dont le débit est proportionnel au diamètre), d'après Dewandel et al. (2010)

Le suivi de la qualité des eaux souterraines a permis de mettre en évidence **l'impact du recyclage des eaux d'irrigation sur la salinité de l'eau dans un système d'écoulement aquifère endoréique** créé par les pompages (Perrin et al. 2011). Ces mesures ont aussi permis de faire un état des lieux de la pollution au fluor et élaborer des hypothèses sur les mécanismes favorables à l'enrichissement en fluor (projet MOHINI, ANR-07-VULN-008) (Pettenati et al. 2013). Plus généralement, l'étude de ces changements et de l'impact du changement climatique a mis en évidence la vulnérabilité des usagers de l'eau à l'horizon 2050 (projet SHIVA, ANR-08-VULN-010) (Ferrant et al. 2014).

Pour lutter contre la baisse des niveaux d'eau des aquifères, les campagnes d'entretien et la réalisation de bassins d'infiltration sur le territoire traduisent la mise en œuvre de la nouvelle politique de l'eau à l'échelle du pays. Le projet européen Saph Pani⁴ (7^{ème} PCRD, Grant No. 2829) a consisté à réaliser un

⁴ « Eau Saine » en Hindi

observatoire temporaire d'un bassin d'infiltration pour estimer un bilan de flux complet (évaporation, infiltration, débordement) et ainsi estimer l'efficacité d'un tel dispositif (Boisson et al. 2014). Sur le site de Choutuppal, un observatoire à l'échelle locale a été mis en place en réalisant une trentaine de forages (Photo 1) entre lesquels des opérations de tests hydrauliques et de traçages permettent de caractériser les propriétés hydrodynamiques et de transport de l'aquifère de socle.



Photo 1 : Dispositif de forages rapprochés sur Choutuppal pour les tests hydrauliques. Source : N. Guihéneuf

Les équipements scientifiques acquis (débitmètre *heatpulse*, packers, sondes multiparamètres...) permettent de mettre en évidence l'hétérogénéité verticale de l'aquifère et les variations de connectivité en fonction du taux de saturation de l'aquifère (Fig. 3). Les essais de traçage réalisés entre forages ont permis d'estimer le rôle de l'advection hétérogène au sein des réseaux de fractures.

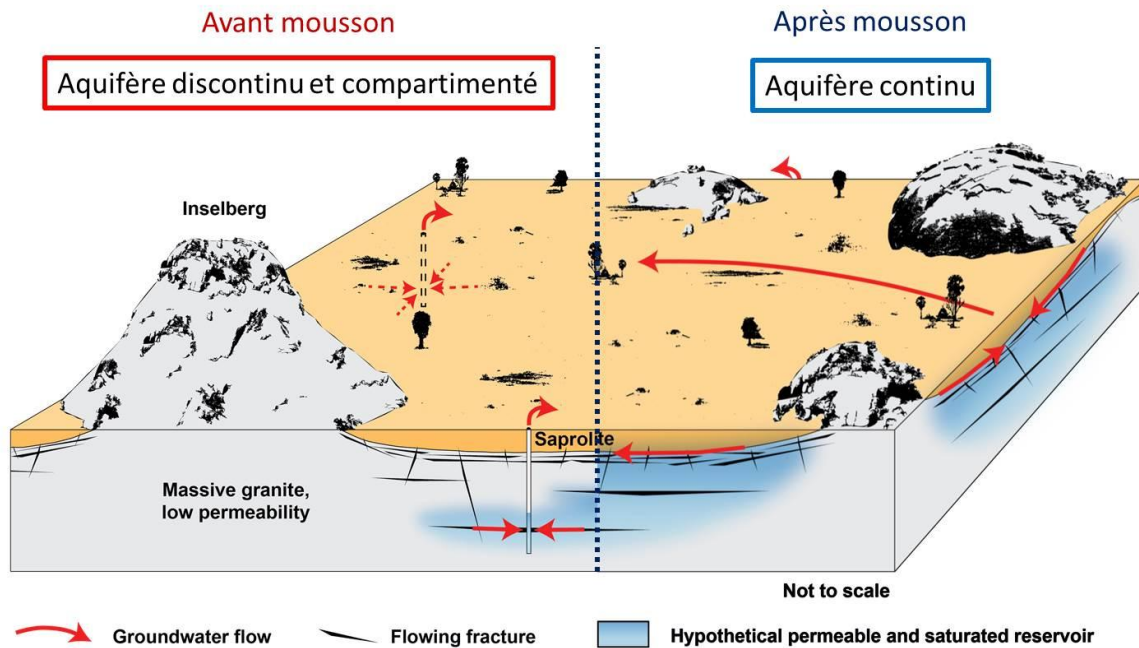


Figure 3 : Modèle conceptuel de la compartimentation des aquifères de socle selon le niveau de saturation du profil d'altération. Source : Modifié d'après Guihéneuf et al. (2014)

A Choutupal, la réalisation d'un nouveau bassin d'infiltration sur l'observatoire permet de mesurer l'impact de cette nouvelle structure de recharge artificielle sur le cycle de l'eau. Cet impact est d'autant plus fort qu'il s'agit d'eaux usées provenant de la ville d'Hyderabad. L'observatoire a permis de mesurer l'état zéro du système avant la mise en place de la recharge artificielle. Le coût-efficacité ainsi que l'acceptabilité de tels dispositifs, incluant la réutilisation d'eaux usées, ont été étudiés dans le cadre d'un projet européen (7^{ème} PCRD, Saraswati).

A l'aide des connaissances acquises sur ces deux sites expérimentaux, **les perspectives de travaux se placent dans une dynamique d'application à grande échelle**. Ainsi, à l'aide des images satellites de Sentinel-1 et -2 à haute résolution, un suivi spatio-temporel des variables agro-hydrologiques a été mis en place avec l'IRD-CESBIO (Ferrant et al. 2017). La reconnaissance et le suivi de l'évolution des surfaces irriguées, notamment des rizières, permet d'estimer quantitativement les variations de volumes d'eau souterraine extraits nécessaires pour produire ces cultures. Ces estimations peuvent ensuite être utilisées dans des simulations de fluctuations de niveau de nappe et ainsi proposer des scénarios de disponibilité de ressource en eau.

Les difficultés rencontrées durant la mise en place et le suivi de cet observatoire sont principalement d'ordre administratif : obtention des visas des chercheurs, export, démarches douanières pour l'équipement scientifique. La collaboration avec un institut de recherche local, gouvernemental a été primordiale pour mener les observations au sein du monde rural, en contact avec les populations locales. Au jour le jour, les habituels problèmes de vandalisme sont remplacés par de la curiosité menant malheureusement à des résultats similaires. Les forages réalisés sur les parcelles des agriculteurs font l'objet d'âpres négociations pour que celui-ci ne l'équipe pas d'une pompe pour irriguer son champ. Telles sont les réalités d'un observatoire hydrogéologique implémenté dans une zone subissant une forte pression anthropique sur la ressource en eau.

Tout au long des vingt dernières années, l'observatoire d'Hyderabad, situé dans un environnement socio-économique très variable, a veillé à adapter ses observations afin d'accompagner le changement global et d'en mesurer au mieux les effets sur les eaux souterraines. Une récente étude bibliométrique réalisée par deux chercheurs indépendants (Bhattacharya et Bhattacharya 2017) a démontré le rôle remarquable qu'a joué cet observatoire dans la collaboration franco-indienne dans le domaine de l'eau.

Bibliographie

- Bhattacharya S and S Bhattacharya (2017) Indo-French cooperation in water sciences: capturing research dynamics through co-authorship analysis, *Current Science*, 113
- Boisson, A., M. Baisset, M. Alazard, J. Perrin, D. Villesseche, et al. 2014. Comparison of Surface and Groundwater Balance Approaches in the Evaluation of Managed Aquifer Recharge Structures: Case of a Percolation Tank in a Crystalline Aquifer in India, *Journal of Hydrology* 519: 1620–33.
- Dewandel, B., J. Perrin, S. Ahmed, S. Aulong, Z. Hrkal, P. Lachassagne, M. Samad, and S. Massuel. 2010. “Development of a Tool for Managing Groundwater Resources in Semi-Arid Hard Rock Regions: Application to a Rural Watershed in South India.” *Hydrological Processes* 24 (19): 2784–97.
- Ferrant, Sylvain, Yvan Caballero, Jérôme Perrin, Simon Gascoin, Benoit Dewandel, Stéphanie Aulong, Dazin, F., Ahmed, S. and JC Maréchal. 2014. Projected Impacts of Climate Change on Farmers’ Extraction of Groundwater from Crystalline Aquifers in South India. *Scientific Reports* 4: 3697.
- Ferrant, Sylvain, Adrien Selles, Michel Le Page, Pierre Alexis Herrault, Charlotte Pelletier, Ahmad Al-Bitar, Stéphane Mermoz, et al. 2017. “Detection of Irrigated Crops from Sentinel-1 and Sentinel-2 Data to Estimate Seasonal Groundwater Use in South India.” *Remote Sensing* In Press.
- Guihéneuf, N., A. Boisson, O. Bour, B. Dewandel, J. Perrin, A. Dausse, M. Viossanges, and al. 2014. Groundwater Flows in Weathered Crystalline Rocks: Impact of Piezometric Variations and Depth-Dependent Fracture Connectivity. *Journal of Hydrology* 511: 320–24.
- Marechal, J. C., B. Dewandel, and K. Subrahmanyam. 2004. “Use of Hydraulic Tests at Different Scales to Characterize Fracture Network Properties in the Weathered-Fractured Layer of a Hard Rock Aquifer.” *Water Resources Research* 40 (11): 1–17. doi:10.1029/2004WR003137.
- Perrin, Jérôme, Cédric Mascré, Hélène Pauwels, and Shakeel Ahmed. 2011. “Solute Recycling: An Emerging Threat to Groundwater Quality in Southern India?” *Journal of Hydrology* 398 (1–2). 144–54.
- Pettenati, Marie, Jérôme Perrin, Hélène Pauwels, and Shakeel Ahmed. 2013. “Simulating Fluoride Evolution in Groundwater Using a Reactive Multicomponent Transient Transport Model: Application to a Crystalline Aquifer of Southern India.” *Applied Geochemistry* 29: 102–16.