

## Cartographie & Validation des Potentialités en Eaux Souterraines en Domaine de Socle sous Climat Tropical : Exemple du Burundi

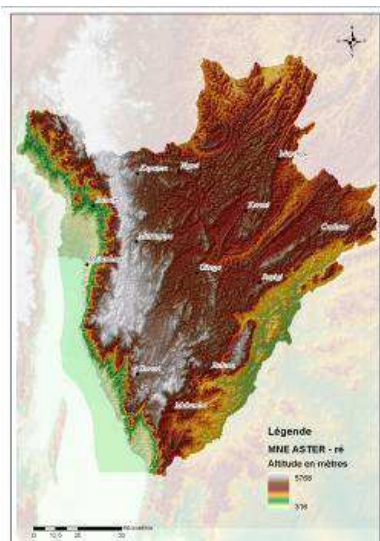
### Mapping and validation of hard rock groundwater potentialities in tropical climate: Burundi case study

**BARRAT J.M.** (JMB\_Consult) barratjm@gmail.com , avec la collaboration de  
**GUTIERREZ A.** (BRGM) a.gutierrez@brgm.fr

En 2011 une cartographie des ressources en eaux souterraines à l'échelle du 1:250,000<sup>ème</sup> (au 1 :100 000<sup>ème</sup> pour certaines régions) fut réalisée dans le but de trouver des nouvelles ressources pour l'alimentation en eau des populations, les quelques 25 000 sources captées ne suffisant plus à satisfaire les besoins.

Le Burundi, petit pays de l'Afrique de l'Est avec moins de 28 000 km<sup>2</sup> se trouve légèrement en dessous de l'équateur dans un relief accidenté à des altitudes variant entre 772 (rift) et 2 670 m. Les précipitations et des températures sont liées à l'altitude et sont comprises respectivement entre 700 à 2200 mm pour des températures moyennes de 23 à 17°C. Les zones de socles reçoivent une pluviosité moyenne de 2 000 mm/an répartie uniformément sur 9 mois contigus.

Figure 1 : Situation du Burundi



Le Burundi est un pays tropical tempéré avec une altitude qui varie de 772 m (Lac Tanganyika) à 2670 m (Mont Heha situé sur la Crête Congo-Nil).

Sur le plan géologique, le Burundi est constitué à 90% de roches précambriennes, de type granites, schistes et quartzites, recouvertes exceptionnellement de formations alluviales dans les vallées à l'intérieur du pays et dans les plaines d'effondrement liées au rift est-africain pour ce qui concerne la région de l'Imbo en bordure Est et Nord du Lac Tanganyika et dans la région du Moso à l'Est du pays en bordure de la Tanzanie.

Les données et informations disponibles dans le domaine de l'hydrogéologie sont très rares et peu fiables : en effet, fin 2010, hormis les cartes géologiques au 1/100 000<sup>ème</sup>, seulement une trentaine de forages étaient recensés dans le socle – mais sans coupe géologique - et ils étaient confinés autour des villes de Gitéga et Bubanza, avec quelques forages réalisés pour les centres ruraux dans le Moso. A ces cas très isolés, s'ajoute une pléthore de puits forcés dans les altérites, mais ils sont tous localisés dans une province du Nord (Kirundo) et ne dépassent pas 12m de profondeur et ils ont une durée de vie de moins de 2 ans.

En ce qui concerne la qualité des eaux souterraines, elle est excellente hormis quelquefois la présence de fer et manganèse, surtout dans les formations alluviales et dans certaines altérites. Sur le plan bactériologique, les eaux souterraines captées par forages sont exemptes de germes bactériologiques à l'inverse des sources et des puits, fréquemment contaminés au Burundi.

La méthodologie développée a conduit à la numérisation d'une approche dite « à dire d'experts » basée sur une campagne de reconnaissance hydrogéologique par des levés de terrain au 1/25,000<sup>ème</sup>, sur un échantillonnage ayant couvert 20% du territoire, par deux spécialistes hydrogéologues séniors. Le modèle SIG développé a été calé à partir de ces levés de terrain par l'exploitation d'un modèle numérique de terrain avec la prise en compte des cartes géologiques et en s'appuyant sur des entités hydrogéologiques homogènes pour conduire à l'élaboration d'un modèle prévisionnel de comportement hydrogéologique.

Ce modèle est donc fondé sur un approche géomorphologique et l'exploitation d'unités fonctionnelles pour l'élaboration d'une carte des « potentialités en eaux souterraines » plus que vers une carte hydrogéologique classique, avec comme objectif, une finalité très pragmatique de cet outil pour permettre d'évaluer le potentiel des formations géologiques en termes de ressources en eaux souterraines accessibles et exploitables par forages.

Les entités hydrogéologiques produites sont des objets potentiellement aquifères, subdivisés en 5 classes et correspondant à autant de classes qualitatives de production potentielle, exploitable par forage.

Cinq classes de potentialités retenues:  $Q < 0.1$  l/s ;  $0.1 < Q < 0.3$  l/s ;  $0.3 < Q < 1$  l/s ;  $1 < Q < 10$  l/s ;  $Q > 10$  l/s

À ces zones se superposent les indicateurs géo-structuraux, tels que la présence de failles et linéaments qui sont des facteurs susceptibles d'accroître de manière très significative, voir même de décupler localement les potentialités en eaux souterraines.

Les « épaisseurs » des formations potentiellement aquifères sont liées à l'épaisseur du manteau d'altération et de la zone fissurée qui sont variables en fonction de la nature des roches originelles et leur position géomorphologique. Les profondeurs préconisées pour capter la ressource par forage dans les objets potentiellement aquifères varient de :

- 100 à 150 m pour les formations de type schisto-quartzites,
- 70 à 120m dans les granites et roches similaires,
- 100 à 150 m dans les calcaires et basaltes de la dépression du Moso,
- 50 à 150m dans les plaines alluviales côtières (Imbo, Rusizi),
- 20 à 40 m pour les alluvions de l'intérieur.

Une représentation des systèmes aquifères a été élaborée à travers des schémas synthétiques expliquant le comportement hydrodynamique des formations géologiques du Burundi. Cette synthèse est illustrée par les deux schémas suivants :

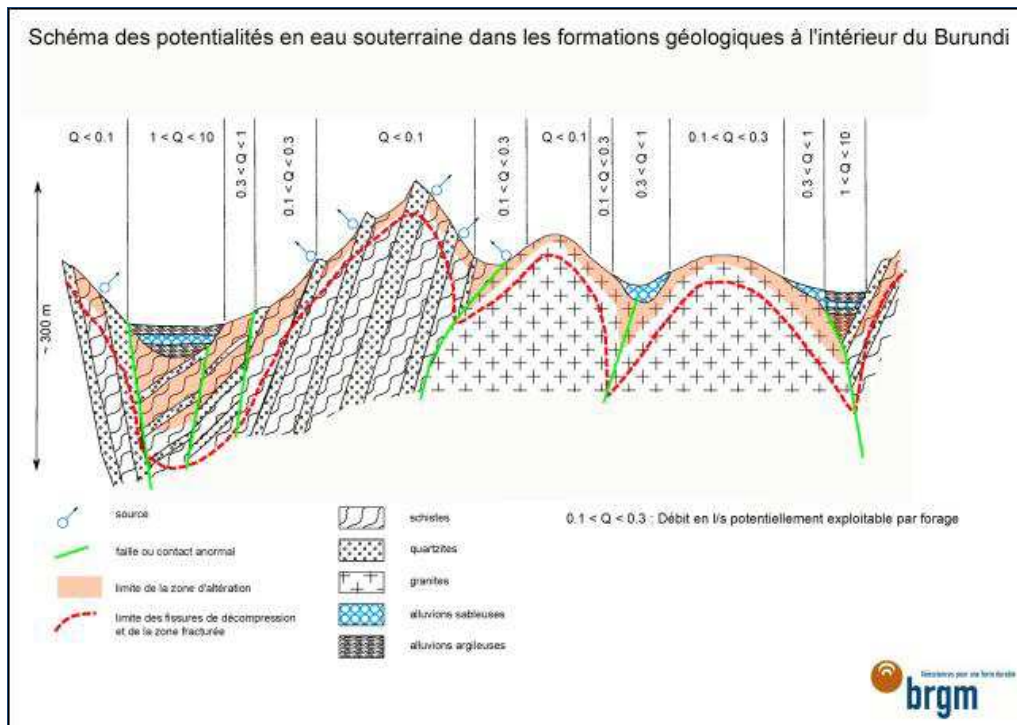


Figure 2 : Schéma synthétique pour la compréhension des potentialités en eau souterraine en zone de socle à l'intérieur du pays

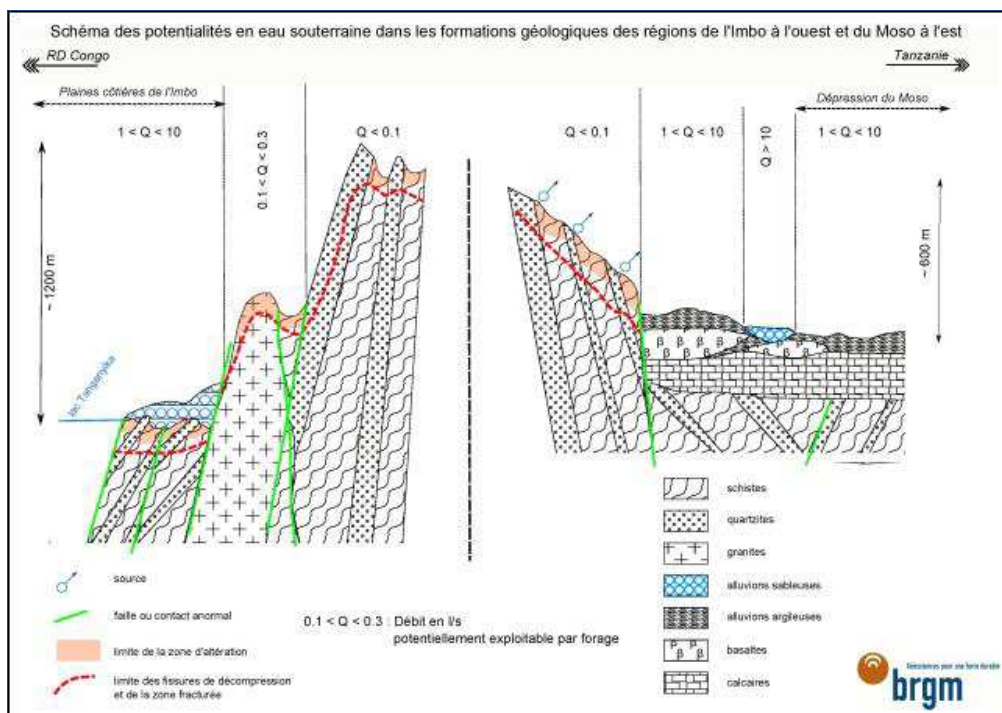


Figure 3 : Schémas synthétiques pour la compréhension des potentialités en eau souterraine dans les zones du rift, à l'Ouest et l'Est

La carte des eaux souterraines produite [Barrat et al., 2011] montre que des potentialités existent dans tout le pays, hormis sur les reliefs marqués.

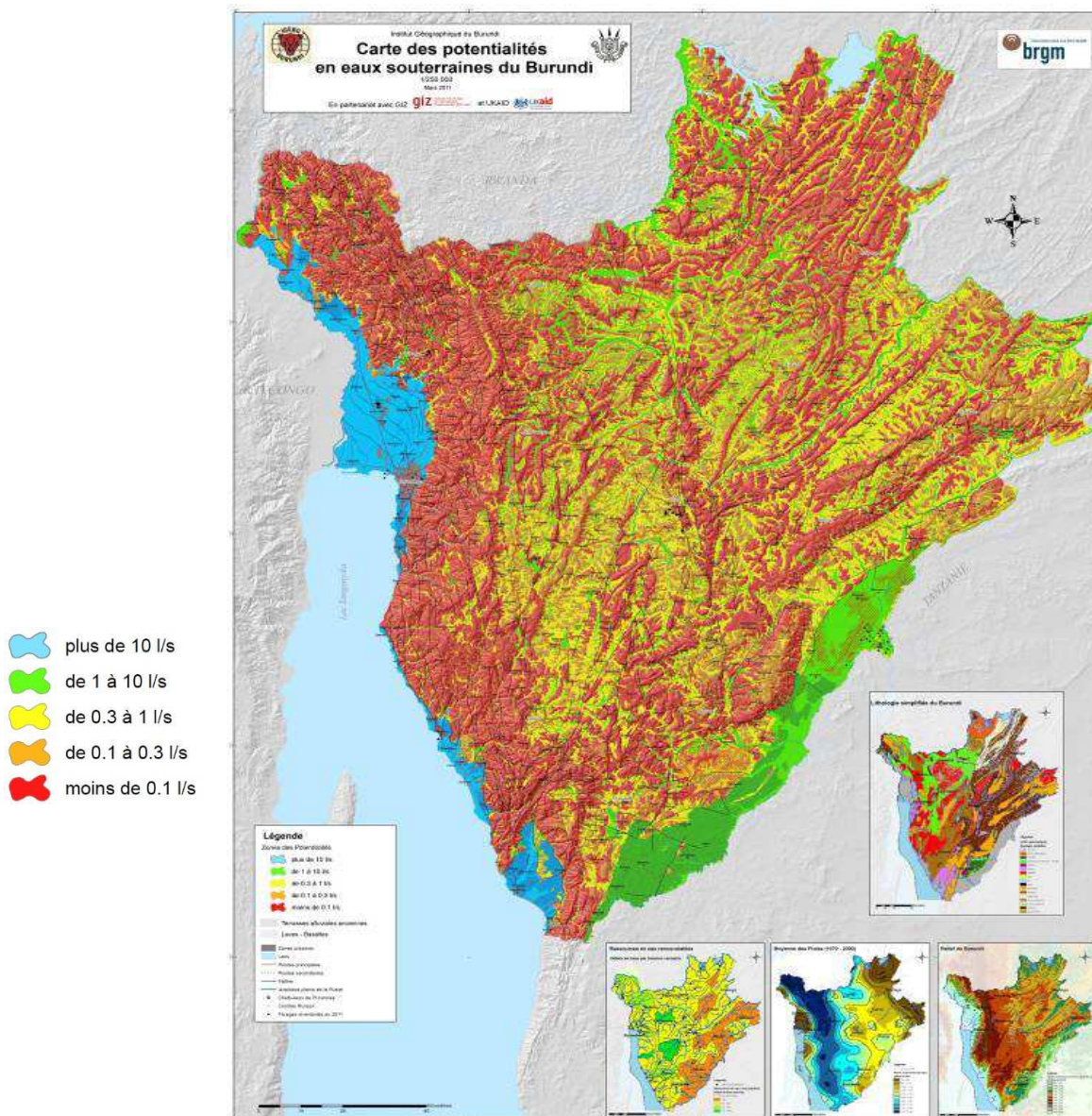
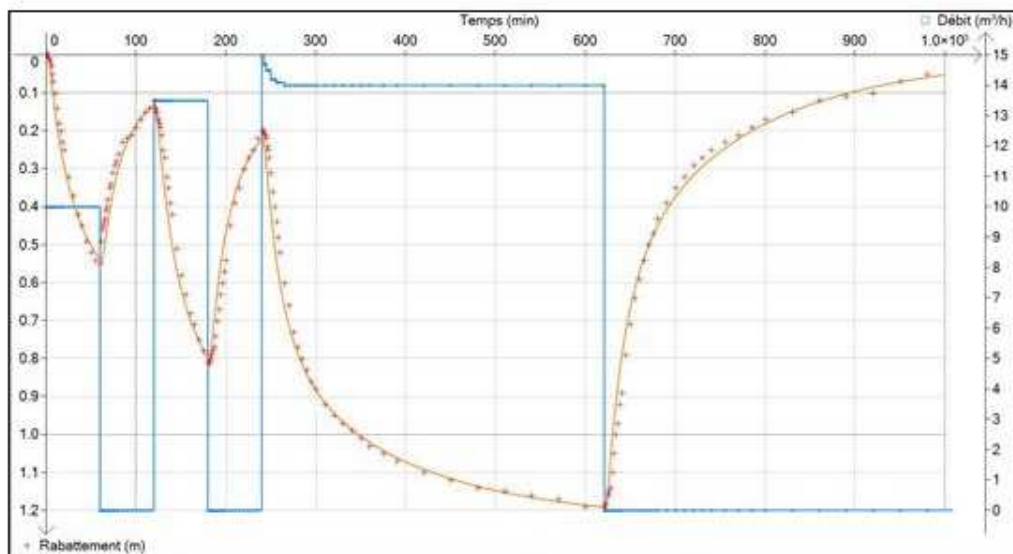


Figure 4 : Carte au 1/250 000 des potentialités en eaux souterraines du Burundi

Une validation de cette carte des potentialités a été effectuée par une campagne de 14 forages de reconnaissance en 2013-2014 [Barrat, 2014] et plusieurs forages d'exploitation. Les résultats ont permis de confirmer les hypothèses de travail de cartographie. Ainsi :

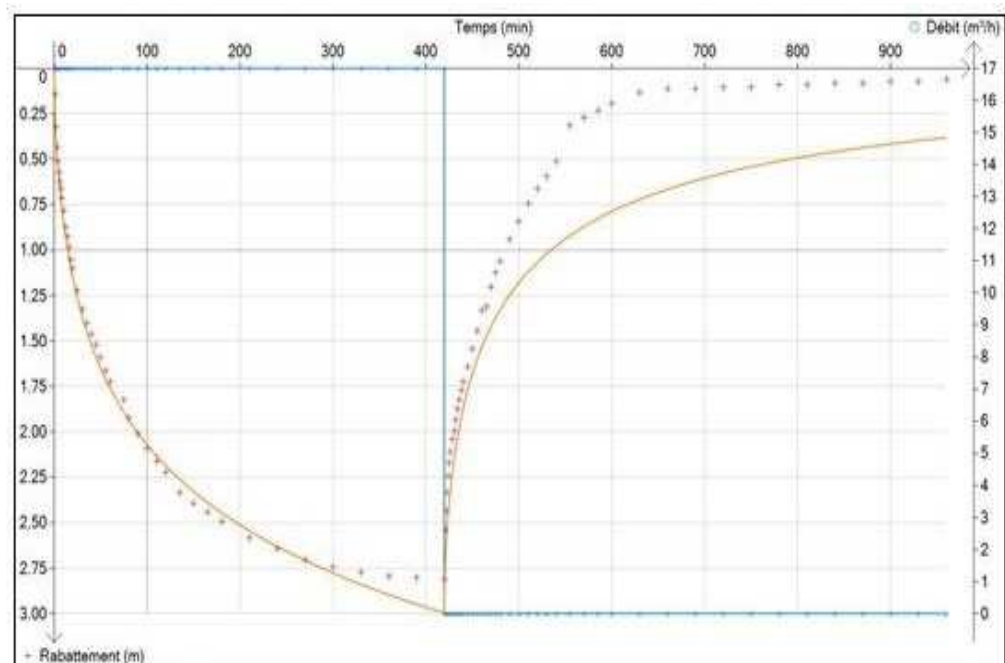
- Les altérites des granites de Kirundo sont très aquifères et peuvent fournir des débits d'exploitation jusqu'à 20 m<sup>3</sup>/h (si les forages sont exécutés correctement). Leur épaisseur peut atteindre 100m dans les petites vallées. Les transmissivités calculées varient de 2E<sup>-4</sup> à 6E<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s avec des coefficients d'emmagasinement de l'ordre de 5E<sup>-4</sup> (interprétations à l'aide du logiciel OUAIP v.1.8.7, BRGM).



— Courbe simulée avec :  $T=7E^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $S=5E^{-4}$ ,  $r=44\text{m}$ ,  $Dlim1=-78\text{m}$ ,  $Dlim2=+130\text{m}$

Figure 5 : Interprétation pompage d'essai sur Ki-Pz01: mesures sur le piézomètre Ki-Pz03

- Dans les formations schisto-quartzitiques de Gitega, où la fracturation y est prédominante, il s'agit une nappe constituée probablement de plusieurs blocs, plus ou moins isolés hydrodynamiquement, avec des forages pouvant fournir plusieurs dizaines de  $\text{m}^3/\text{h}$ . Les transmissivités calculées varient de  $1E^{-3}$  à plus de  $1E^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  avec des débits d'exploitation supérieurs à  $60\text{m}^3/\text{h}$  dans la plupart des cas. Mais la baisse continue de la nappe du champ captant de Gitega laisse penser à une recharge limitée.



— Courbe simulée avec GRINGARTEN:  $T_x=9E^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $T_y=3.5E^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $X_f=150$ ,  $S=2E^{-4}$ ,  $C=1E^3 \text{ s}^2/\text{m}^5$

Figure 6 : Interprétation pompage d'essai sur Gi-Pz03

- Dans les zones en bordure du rift, le socle est recouvert d'alluvions/colluvions très productifs et dont les épaisseurs sont très vite conséquentes (50 à plus de 150m). Fer en excès partout.

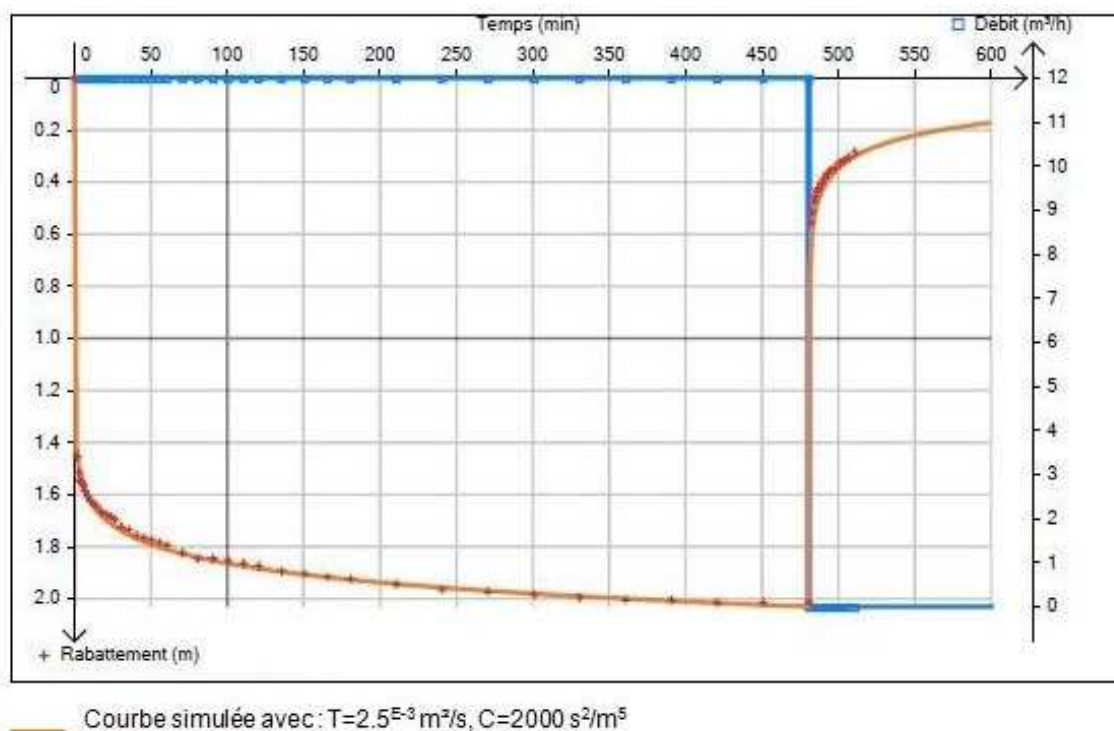


Figure 7 : Interprétation pompage d'essai sur Ru-Pz04

Malgré la faiblesse du nombre de points de contrôle, il y a une bonne validation de la carte des potentialités. Les résultats ont mis en relief l'importance (dans leur rôle d'augmentation de la productivité) des **zones faillées**, non cartographiables à l'échelle de la carte.

#### Références principales :

- [1] Barrat J.M., Forages de Karusi (Burundi) - Interprétation des pompages, 2014, JMB\_Concult
- [2] Barrat J.M., Supervision des opérations de construction de piézomètres dans les communes de Kirundo, Gitega et Rumonge au Burundi, 2014, JMB\_Concult
- [3] Barrat J.M., Mardhel V., Gutierrez A., Pinson S., Buscarlet E., Lallier S., 2011 : Programme Sectoriel Eau – Burundi - Cartes des Potentialités en Eaux Souterraine. BRGM/RC- 59751-FR