
Gestion active des ressources en eau souterraines de l'île de Grande-Terre (Guadeloupe)

D. Thiery, G. Picot, N. Amraoui, V. Hamm, & A. Dumon

BRGM, Orléans, France

d.thiery@brgm.fr, n.amraoui@brgm.fr, v.hamm@brgm.fr, g.picot@brgm.fr, a.dumon@brgm.fr

Résumé

L'île de la Grande-Terre (archipel de la Guadeloupe) est alimentée en eau en grande partie par de l'eau de surface provenant par aqueduc de l'île jumelle de Basse-Terre. Cependant l'exploitation des eaux souterraines de Grande-Terre, qui constitue une solution complémentaire et alternative permettant de combler les déficits d'alimentation en période de carême sévère, est de plus en plus souvent mise en œuvre pour produire de l'eau potable, industrielle et agricole. Le stock d'eau disponible est important, mais le contexte insulaire de la nappe lui confère une grande vulnérabilité vis-à-vis du risque d'intrusion d'eau salée marine. Ce risque est associé à des phénomènes naturels, baisses piézométriques résultant d'une faible recharge en périodes de sécheresse, et à des surexploitations temporaires.

Dans ce contexte, à la demande de la DIREN et du Conseil Régional de Guadeloupe, le BRGM a élaboré un modèle hydrodynamique des écoulements souterrains de Grande-Terre incluant la prise en compte du biseau salé, pour gérer la ressource en optimisant son exploitation tout en assurant sa préservation.

Après recueil et traitement des données disponibles, un modèle numérique multicouche en régime transitoire a été élaboré en mode diphasique (code de calcul MARTHE), pour tenir compte du contexte insulaire où la nappe d'eau douce repose localement sur l'eau salée. Le modèle a été calibré sur une période d'observation de 20 ans (1985-2005). Le modèle numérique constitue alors un outil de gestion de la ressource en eau souterraine de l'île et est utilisé pour simuler des scénarios à moyen terme (quelques mois) et également des scénarios à long terme pour anticiper des augmentations de besoin résultant de la pression démographique. Il a également été utilisé pour simuler les impacts d'une remontée du niveau de la mer de l'ordre de 1 mètre en 2100, résultant du changement climatique.

I. LE MODELE HYDRODYNAMIQUE DE GRANDE-TERRE

Le modèle géologique retenu sur la zone d'étude (Bézègues et Amraoui 2006), d'une superficie de 750 km², comprend trois unités qui sont de bas en haut (Fig 1) :

- Les calcaires « inférieurs » ;
- Un niveau volcano-sédimentaire « supérieur » peu perméable et présent ponctuellement ;
- Les calcaires « supérieurs ».

Le modèle des écoulements souterrains de Grande-Terre (Hamm et *al.*, 2007) inclut la problématique du biseau salé. C'est un modèle multicouche à mailles carrées de 200 m de côté. La modélisation a été réalisée avec le code de calcul aux volumes finis MARTHE du BRGM (Thiéry, 1990). Plutôt qu'un schéma de calcul avec effets densitaires (Thiéry, 2007), on a choisi un schéma diphasique avec interface abrupte mobile entre l'eau douce et l'eau salée (Thiéry, 2005). Ce mode de calcul a l'avantage de ne pas introduire de dispersion numérique et d'éviter la nécessité d'une discrétisation verticale très fine. Le modèle a été calibré pendant une période de 20 ans (1985-2005) sur un réseau de 51 points d'eau de référence dont 46 de longue durée. Les calculs des bilans hydro climatiques (calcul de la recharge de la nappe) sont effectués au pas de temps journalier. Les calculs hydrodynamiques (calcul des charges hydrauliques et des salinités de chaque maille) sont réalisés au pas de temps mensuel.

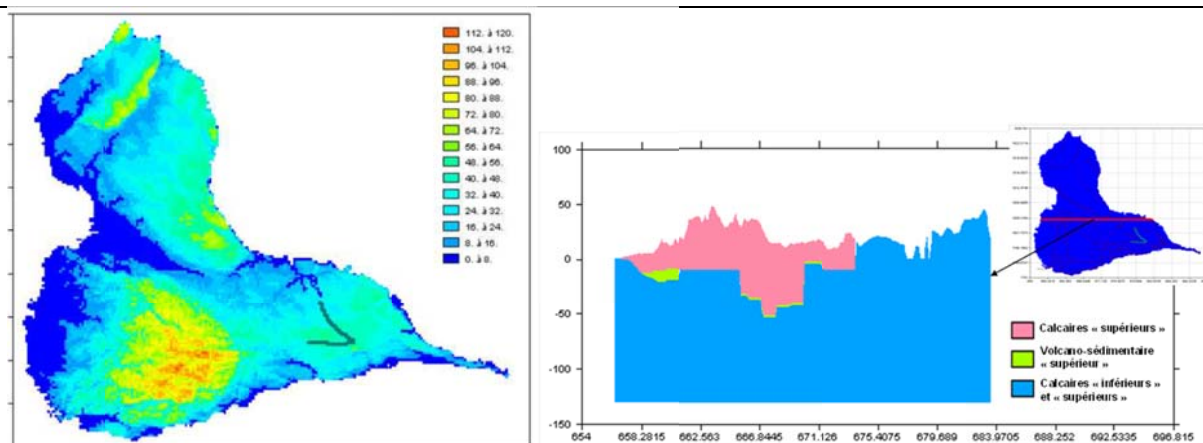


Figure 1 – À gauche : extension latérale et topographie du modèle (cotes en m NGG) ; à droite vue en coupe verticale ouest-est

La restitution des fluctuations piézométriques obtenue après calibration est globalement très satisfaisante sur l'ensemble de la zone d'étude. Le calcul de la position de l'interface eau douce – eau salée permet d'appréhender le fonctionnement de cette limite mobile de l'aquifère en mettant en évidence :

- Des secteurs dans lesquels les fluctuations de l'interface sont de faible amplitude et déconnectées des fluctuations piézométriques ;
- Des secteurs où les fluctuations de l'interface sont rapides et directement liées à la piézométrie.

L'analyse des bilans hydrodynamiques est un indicateur important qui permet de contrôler et de quantifier la part de chacune des composantes du bilan qui sont l'infiltration, les prélèvements, les débits entrants ou sortants par les limites du modèle, les débordements et les périodes de stockage ou déstockage d'eau de l'aquifère. Elle permet également d'évaluer la part relative de l'exploitation et des échanges avec la mer vis-à-vis de la recharge.

Le modèle ainsi élaboré permet de simuler différents types de sollicitations de l'aquifère de Grande-Terre (exploitation, événements climatiques particuliers) en tenant compte des particularités liées au contexte insulaire.

- Étude du renforcement de la production AEP sur le territoire des Aymes et de Pointe-à-Pitre, en évaluant les volumes d'eau souterraine potentiellement exploitables et les forages à réaliser pour mobiliser cette ressource.
- Analyse de l'impact d'une remontée de niveau marin sous l'effet du changement climatique.

Le modèle numérique constitue alors un outil de gestion de la ressource en eau souterraine de l'île.

II. ESTIMATION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE POTENTIELLEMENT EXPLOITABLE

La nappe se situe dans un contexte insulaire qui lui confère une grande vulnérabilité vis-à-vis du risque d'intrusions d'eau salée marines. Ce risque est associé à des phénomènes naturels (basses piézométriques de la nappe liées à un faible taux de recharge de la nappe en périodes de sécheresse) et à des phénomènes anthropiques (surexploitation de la nappe). Il apparaît donc important de gérer cette ressource de façon à optimiser son exploitation tout en assurant sa préservation. Le stock d'eau souterraine disponible dans l'aquifère sur le territoire des Aymes et de Pointe-à-Pitre a été étudié par Picot-Colbeaux et *al.* (2012) en utilisant le modèle en régime transitoire. À partir du calcul des bilans hydrogéologiques, pour les années sèches, moyennes et humides, des volumes exploitables maximaux ont été estimés respectivement à 2.5 Mm³/an, 17.5 Mm³/an et 35.5 Mm³/an respectivement (Fig. 2 et Fig. 3).

Les calculs des bilans hydrogéologiques montrent que 2.5 Mm³/an peuvent être prélevés sans conséquence globale pour la ressource en eau. En revanche des prélèvements de l'ordre de 17.5 Mm³/an influencent globalement les écoulements d'eau souterraine sur le territoire : les échanges avec la mer sont réduits amenant un risque d'intrusion saline à proximité des côtes, les débordements sont diminués amenant un risque d'assèchement de source ou d'alimentation de cours d'eau de surface, les échanges avec le reste de

l'aquifère sont influencés et l'aquifère de cette partie du territoire ne joue plus systématiquement le rôle de « château d'eau » en alimentant les parties aquifères voisines.

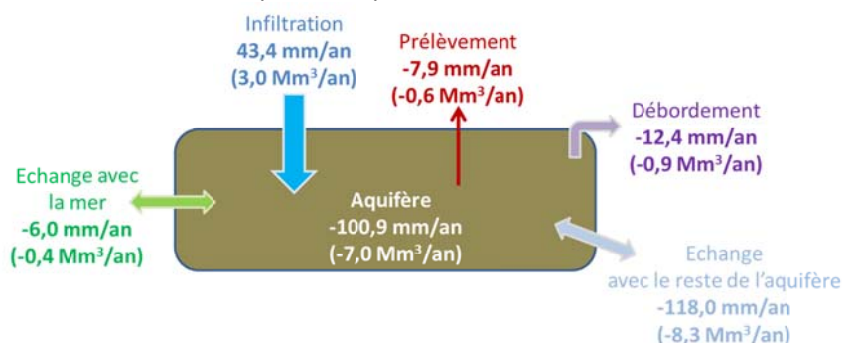


Figure 2 – Territoire des Abymes et de Pointe-à-Pitre : Bilan hydrogéologique en année sèche (1997)

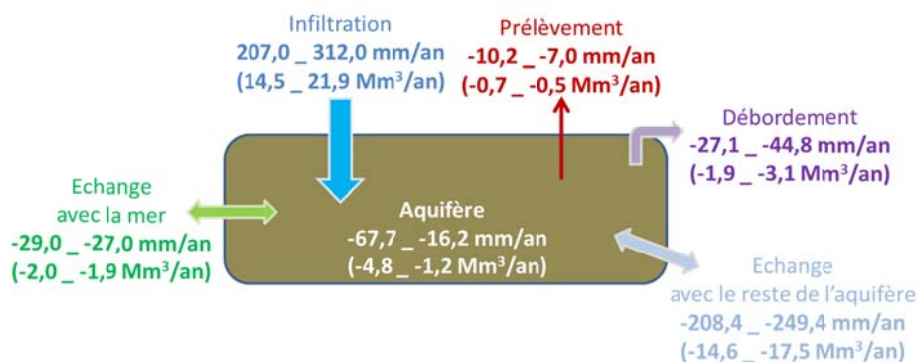


Figure 3 – Territoire des Abymes et de Pointe-à-Pitre : Bilan hydrogéologique en année moyenne (1993 et 2002)

Les rabattements moyens calculés sur le territoire des Abymes et de Pointe-à-Pitre sont inférieurs à 50 cm dans les zones où les perméabilités sont les plus élevées mais ils sont plus importants dans les zones de faibles perméabilités (jusqu'à 1 m pour un prélèvement de 2.5 Mm³/an et jusqu'à 7 m pour un prélèvement de 17.5 Mm³/an).

Il convient cependant de noter que, dans les calculs, les prélèvements sont répartis de manière uniforme sur le territoire de Cap Excellence et que les rabattements de nappes calculés ne sont donc pas exactement identiques à ceux qui seraient obtenus dans un champ captant plus localisé. D'autres scénarios, en positionnant des champs captants dans les zones de forte perméabilité, pourraient permettre d'affiner ces résultats.

III. DÉLIMITATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES PRIORITAIRES

Dans un but de protection contre des pollutions, le modèle de simulation a été utilisé pour déterminer l'aire d'alimentation des forages d'alimentation en eau potable de Pelletan et Charropin. Pour déterminer ces aires d'alimentation le modèle a calculé les trajectoires des particules d'eau arrivant aux forages. En pratique c'est la méthode des trajectoire inverse qui est mise en œuvre en faisant partir des particules réparties autour des puits et en les faisant remonter le courant. Les temps de transfert sont calculés automatiquement à partir des perméabilités, des gradients hydrauliques et des porosités cinématiques de chaque maille parcourue. Ces temps de transferts sont les temps nécessaires pour qu'une pollution en un point du bassin d'alimentation parvienne au captage. Ils permettent donc de déterminer un périmètre rapproché, plus sensible car ne laissant pas de temps pour détecter la pollution ou pour la dévier. Pour ce calcul on a considéré que la nappe était en régime hydraulique permanent.

La fig. 4 montre que la surface du bassin d'alimentation du captage de Pelletan est de l'ordre de 1.25 km² et que celle du captage de Charropin est de l'ordre de 1.1 km²

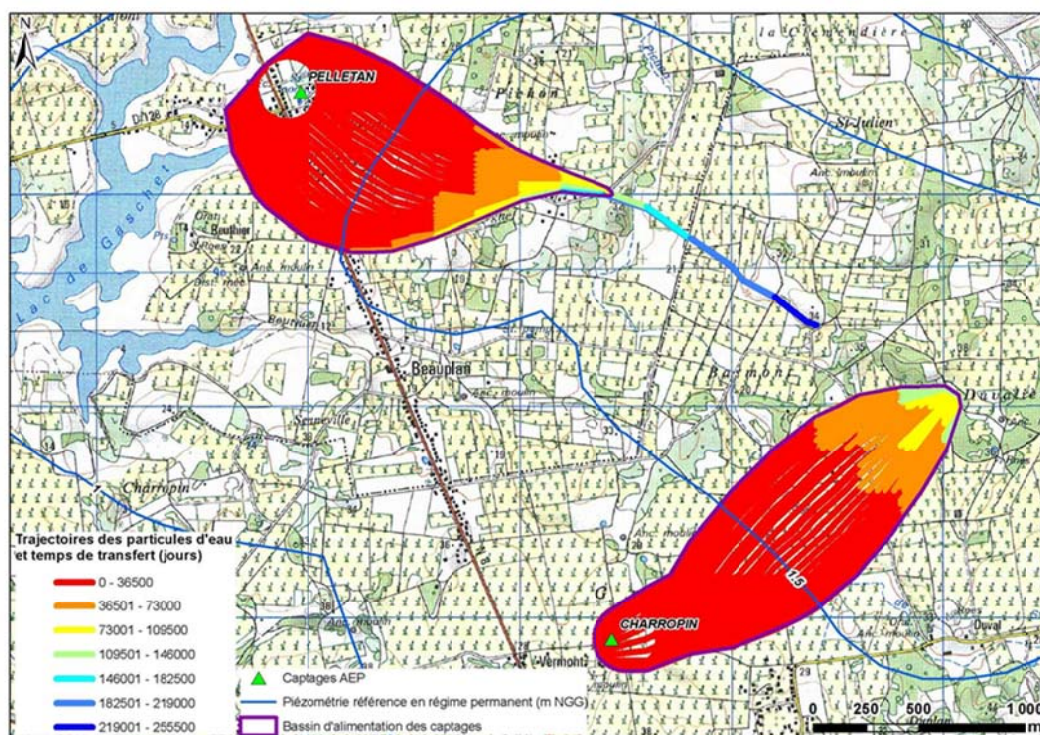


Figure 4 – Délimitation des bassins d'alimentation des captages de Pelletan et Charropin.

IV. INFLUENCE D'UNE REMONTÉE DU NIVEAU MARIN

Une augmentation du niveau marin associée aux changements climatiques (modification de la pression atmosphérique, expansion des océans et mers lors de leur réchauffement, et fonte des calottes glaciaires et des glaciers) constitue un des processus significatifs qui va jouer un rôle sur l'intrusion saline. Selon les travaux du GIEC, le réchauffement planétaire conduirait en 2100 à une augmentation du niveau marin comprise entre 11 et 88 cm, et à une migration du biseau salé. Les conditions d'exploitation ainsi que les conditions climatiques [précipitations, température, modifications du niveau marin (augmentation du niveau marin, avec recul de la ligne de rivage et réduction de la surface émergée)] auront comme conséquence de modifier les conditions aux limites des aquifères côtiers.

Dans le cadre de l'action n° 26 « Influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau salin des aquifères côtiers des DROM/COM » de la convention ONEMA-BRGM 2010-2011 (Dörfliger et *al.*, 2012), nous avons choisi de simuler un scénario pessimiste avec une remontée du niveau marin de 1 mètre. La (Fig. 5) montre que la remontée du niveau marin repousse le trait de côte jusqu'à 1 km dans les terres. Ceci a une influence sur la carte de salinité intégrée sur la verticale. La Fig. 6 montre une nette augmentation de la salinité dans la plaine des Grippon (golfe situé à l'ouest de l'île), ainsi que sur la côte sud-ouest. Cette augmentation de la salinité moyenne est due à la remontée de l'interface eau douce – eau salée.

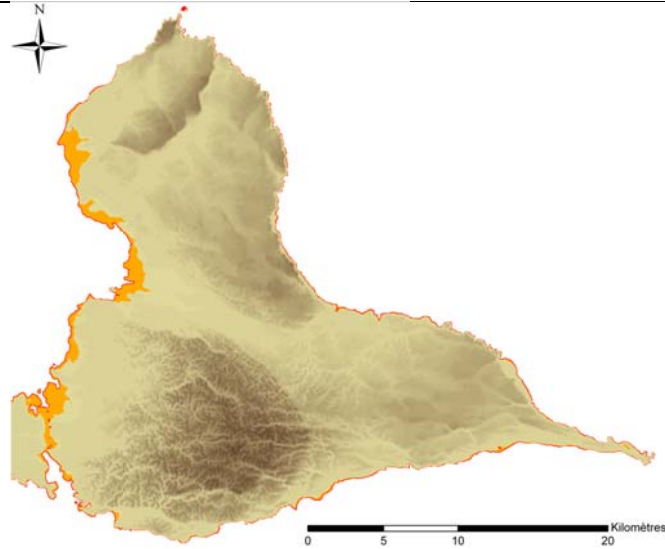


Figure 5 – Évolution du trait de côte suite à une remonté de 1 mètre du niveau marin.

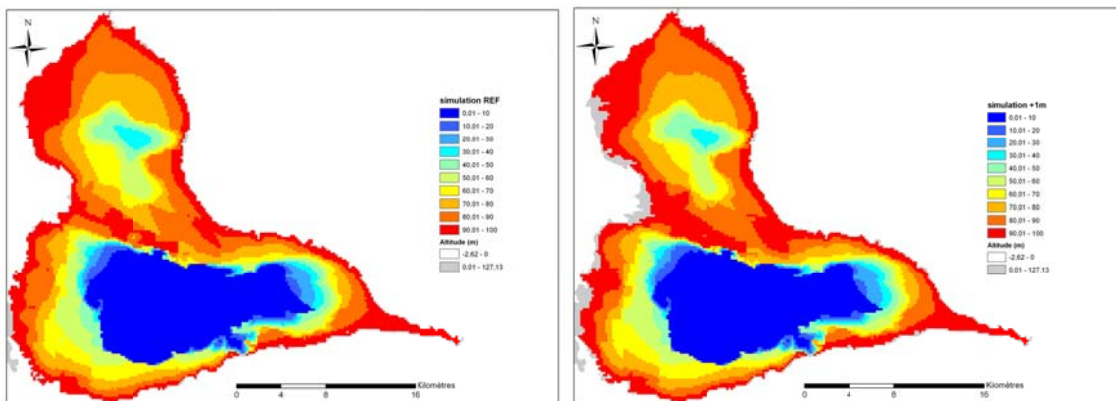


Figure 6 – Pourcentage de salinité dans l'aquifère. A gauche : simulation de référence, à droite avec niveau marin remonté de 1 mètre.

La figure 7 présente l'altitude de l'interface sur une coupe ouest - est après 1 an et 100 ans de remonté du niveau marin. Il apparaît sur cette figure que l'interface remonte légèrement. La figure 8 montre que cette remontée atteint environ 4 mètres près de la limite ouest.

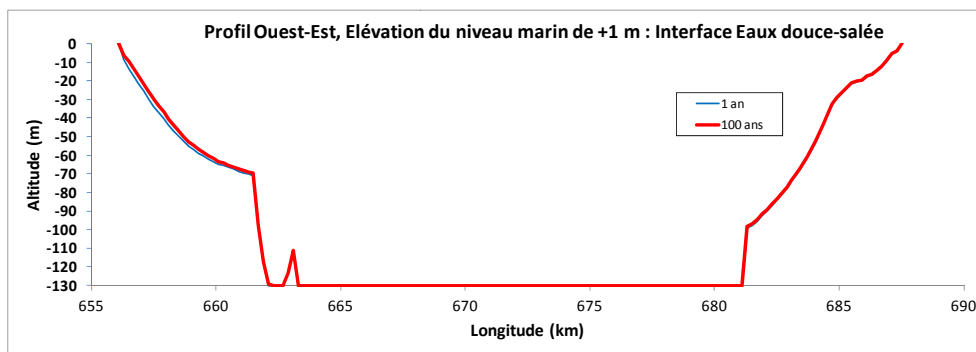


Figure 7 – Profondeur de l'interface eau douce – eau salée suite à une remontée de 1 mètre du niveau marin.

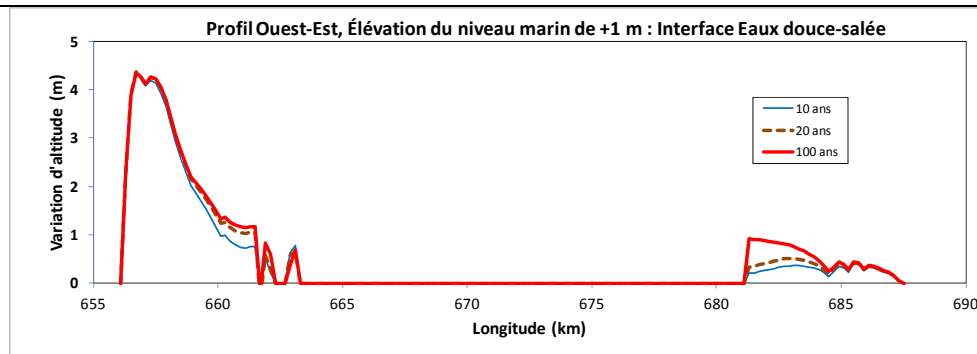


Figure 8 – Variation de la profondeur de l'interface eau douce – eau salée suite à une remontée de 1 mètre du niveau marin remonté.

Références bibliographiques :

- [1] Bézègues S. et Amraoui N., avec la collaboration de Le Nindre Y.M., 2006 - Collecte et préparation des données en vue de la modélisation hydrodynamique des écoulements souterrains en Grande Terre. *Rapport BRGM/RP-54709-FR*, 117p, 42 fig., 9 tab., 6 ann.
- [2] Hamm V., Thiéry D., Amraoui N., Bézègues-Courtade S., 2007. Modélisation hydrodynamique diphasique des écoulements souterrains de Grande-Terre. *BRGM/RP-55039-FR*. 128 pages, 34 illustrations, 7 annexes.
- [3] Thiéry D. 1990 - Logiciel MARTHE. Modélisation d'Aquifère par un maillage rectangulaire en régime transitoire pour un calcul hydrodynamique des écoulements - version 4.3. *Rapport BRGM R 32210 EAU 4S 90*, 356 p.
- [4] Thiéry D. 2007 - Modélisation 3D des écoulements à densité variable avec le logiciel MARTHE version 6.9. *Rap. BRGM/RP-55871-FR*, 88 p., 23 fig.
- [5] Thiéry D., 2005. Saltwater intrusion modelling with an efficient multiphase approach: Theory and several field applications. In: *Groundwater and saline intrusion. Selected papers from the 18th Salt Water Intrusion Meeting 18 SWIM Carthage 2004*. Eds. L. Araguas, E. Custodio and M. Manzano, ISBN 84-7840-588-7, pp. 97-110.
- [6] Thiéry D., 2007 - Modélisation 3D des écoulements à densité variable avec le logiciel MARTHE version 6.9. *Rap. BRGM/RP-55871-FR*, 88 p., 23 fig.
- [7] Dörfliger N., Dumon A., Aulnay B., Arnaud L., Picot-Colbeaux G., 2012 - Influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau salin des aquifères côtiers des DROM/COM. *Rapport ONEMA à paraître*.
- [8] Picot-Colbeaux G., Amraoui N., Dumon A., 2012 - Territoires des Abymes et de Pointe-à-Pitre (Guadeloupe) : Estimation de la ressource en eau souterraine potentiellement exploitable à partir du modèle hydrodynamique de la Grande-Terre. *Rapport BRGM à paraître*.