

DOCUMENT



n° 22090

Modèle de la nappe d'Alsace Projet de développement 312

Rapport d'avancement n° I

J.C.Martin, Ph. Elsass, M.L. Noyer

octobre 1997
R 39661



BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Synthèse

Ce rapport présente l'état d'avancement à fin mai 1997 du projet de développement **PRD 3 12** de la Direction de la Recherche, projet intitulé "Modèle de la nappe d'Alsace" et dont l'objectif est la mise en valeur, vis-à-vis de tout client potentiel, de la haute technicité des outils de modélisation du **BRGM** dans le domaine des transferts souterrains.

Cette mise en valeur sera rendue possible par la construction d'un modèle de gestion d'un aquifère complexe, en l'occurrence la zone du Bassin potassique de la nappe d'Alsace; le modèle, construit à l'aide du code **MARTHE**, sera basé sur la prise en compte d'une géométrie **3D**, de la densité variable du fluide et des interactions avec le réseau de surface (rivières, canaux, drains) ; il permettra de simuler différents scénarios d'exploitation des forages d'alimentation en eau douce ainsi que de dépollution par pompage des eaux salées et sera enrichi par l'apport d'une analyse de sensibilité aux différents paramètres.

Les différentes phases de réalisation sont les suivantes :

1. acquisition des données ;
2. validation du code ;
3. définition du modèle conceptuel et discrétisation des données ;
4. calage du modèle ;
5. simulations d'exploitation et analyse de sensibilité ;
6. valorisation des résultats.

Ce rapport rend compte des phases :

1. (pro parte) : acquisition des données pour l'hydrodynamique seulement, la collecte des données concernant la salure ayant été confiée à **ANTEA** qui a établi son propre rapport (Modélisation de la salure issue du Bassin potassique - Acquisition de données - A09693) ;
2. en totalité ;
3. pour la partie "définition du modèle conceptuel".

Ce rapport comporte trois chapitres correspondant à chacune des phases. Ils ont été rédigés avec les intervenants principaux, soit **J.C.** Martin pour les phases 1 et 2 et **Ph.** Elsass pour la phase 3.

Sommaire

Introduction	7
1. Les données du modèle LIFE	9
1.1. La zone concernée par le modèle	9
1.2. Le maillage du modèle	9
1.3. Les hypothèses de calcul du modèle LIFE	12
1.4. Les fichiers de données LIFE	12
1.4.1. Le fichier ZONE4.XLS	12
1.4.2. Les fichiers des drains	13
1.4.3. Les fichiers des piézométries observées	13
1.5. Lecture du fichier APRONA et création des fichiers au format MARTHE	15
1.6. Analyse des données du modèle	15
1.6.1. L'altitude topographique	15
1.6.2. Le substratum de l'aquifère	17
1.6.3. La perméabilité de l'aquifère	17
1.6.4. Les données des cours d'eau	21
1.6.5. Les prélèvements par pompage et les alimentations ouest	23
1.6.6. La recharge par les pluies efficaces	23
1.6.7. Les piézométries observée et calculée en BE et ME	30
1.6.8. Les drains du modèle	30
2. Les simulations avec MARTHE	33
2.1. Le modèle MARTHE	33
2.2. Les fichiers MARTHE	33
2.3. Les différences entre MARTHE et MODFLOW	33
2.3.1. Les échanges nappe-rivière	33

21090

2.3.2. Les réseaux de drains	33
2.3.3. La définition du fond de la rivière	35
2.4. Calculs MARTHE en situation de basses eaux	35
2.4.1. Les fichiers de données	35
2.4.2. Piézométrie calculée	35
2.4.3. Bilan des flux.....	35
2.5. Calculs MARTHE en situation de moyennes eaux	35
2.5.1. Les fichiers de données	36
2.5.2. Piézométrie calculée	36
2.5.3. Bilan des flux.....	36
3. La construction du modèle conceptuel 3D	43
3.1. Etat des connaissances géologiques sur les alluvions rhénanes	43
3.2. Subdivisions adoptées	45
3.3. Méthode de travail	47
3.4. Résultats	49
3.4.1. Cartographie des alluvions supérieures.....	49
3.4.2. Les alluvions moyennes	51
3.4.3. Les alluvions inférieures	53
3.5. Maillage	53
Conclusion	55
Références	57

Introduction

La mise en valeur des outils de modélisation du **BRGM** devant passer par la construction d'un modèle de gestion d'un aquifère important, c'est la nappe d'Alsace qui a été retenue pour les raisons suivantes :

- **la complexité des phénomènes en jeu** : contamination de la nappe par les saumures issues des terrils des MDPA (Mines de Potasses d'Alsace), ce qui a provoqué le développement dans l'aquifère de panaches salés à moins de 1 g/en aval mais pouvant atteindre 300 g/en amont (limite officielle de potabilité : 200 mg/l) ; interactions avec un réseau de surface comprenant des rivières, des canaux, des drains et le Rhin très aménagé ;
- **la disponibilité de données nombreuses et publiques** : une partie de ces données a déjà été traitée par ANTEA et par le BRGM lors des modélisations effectuées dans le cadre du projet européen LIFE ; elles concernent essentiellement la piézométrie, la topographie et le substratum, les données de rivières et canaux, les prélèvements, et la recharge qui devra être revue. Ces données étant publiques, les résultats obtenus pourront être valorisés sans restriction par des plaquettes publicitaires et/ou des publications dans la littérature ;
- **l'intérêt manifesté par l'Administration** : l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a marqué sa volonté de gérer cette pollution ; de plus, elle a apprécié favorablement les travaux antérieurs menés par le **BRGM** dans le cadre du contrat LIFE, sur cinq secteurs de la nappe du Rhin, dont la zone comprise entre Mulhouse et Colmar qui est le siège de la pollution par le sel issu de l'exploitation des potasses par les MDPA.

Pour l'étude du projet transfrontalier LIFE, l'ensemble de la plaine du Rhin a été découpé en cinq zones comprenant chacune un secteur allemand et un secteur français, face à face. La modélisation a été menée en **2D**, secteur par secteur, selon les étapes suivantes :

- calage du champ de perméabilité de l'aquifère, en régime permanent, sur la situation de basses eaux (BE) de septembre 1991 ;
- calage des coefficients d'échange des cours d'eau en régime permanent à partir des trois situations suivantes : basses eaux (BE) de septembre 1991, moyennes eaux (ME) d'octobre 1986, hautes eaux (HE) d'avril 1988 ;
- assemblage des modèles français et allemands.

La région du Bassin potassique qui fait l'objet du présent rapport correspond au secteur français de la zone 4 du projet LIFE. Sur ce secteur, le calage BE pour l'étude LIFE a été effectué par ANTEA et le BRGM, les fichiers ont été récupérés par le gestionnaire du modèle LIFE, l'Association pour la Protection de la Nappe d'Alsace (APRONA) et transmis au BURGEAP avec complément de données en particulier sur le réseau

hydrographique, pour calage en ME et **HE**. L'APRONA a ensuite récupéré l'ensemble des données et résultats de calage.

Dans le cadre du projet actuel, une convention passée avec l'APRONA a permis d'avoir accès aux nouveaux fichiers. Les nouvelles données ont été mises au format SEMIS utilisé par **MARTHE**, analysées et critiquées (cf. chap. 1). Des simulations ont été effectuées en BE et **ME** sans recalage pour comparer les résultats fournis par **MARTHE** à ceux des modélisations LIFE, effectuées avec MODFLOW (cf, chap. 2). Cette phase dite de "validation" de **MARTHE** était nécessaire afin de faire apparaître les éventuelles différences à prendre en compte en passant d'un code à l'autre soit :

- un seul coefficient d'échange nappe-rivière avec **MARTHE** au lieu de deux avec MODFLOW (infiltration ou exfiltration) ; on a retenu le coefficient d'infiltration fourni par l'APRONA, ce choix n'a que peu d'incidence sur les résultats car les valeurs fournies diffèrent peu d'une situation à l'autre ;
- le paramètre "cote du fond de la rivière" correspond au bas de l'épaisseur colmatée dans MODFLOW et au haut de cette épaisseur dans **MARTHE** ; il faut en tenir compte dans les comparaisons (cf. § 2.4) ;
- les **drains** ne sont pas pris en compte dans la version actuelle de **MARTHE**. Ils le seront pour le modèle final.

Compte tenu de ces différences, les résultats fournis par les deux codes sont cohérents entre eux.

La simulation d'écoulements avec effet de densité nécessite que soit prise en compte la composante verticale des vitesses, en particulier au voisinage des sources de pollution, les terrils, où la salinité - et donc la densité, la viscosité et ses gradients - sont très forts. Pour ce faire, il faut donc passer des modélisations **2D** telles celles du projet **LIFE** à des modélisations 3D. La construction du modèle conceptuel 3D doit reposer sur des considérations géologiques (à prendre en compte des coupes sériées des forages) afin d'identifier les différents niveaux conducteurs et définir des zones pour les paramètres hydro-dynamiques, en particulier la perméabilité. Ce travail est décrit au chapitre 3.

Conclusion

Ce rapport d'avancement rend compte des premières phases de réalisation du projet c'est-à-dire :

- récupération des données du modèle **LIFE** gérées par l'APRONA ;
- comparaison des résultats fournis par **MARTHE** à partir de ces données, à ceux obtenus avec MODFLOW dans le cadre du projet **LIFE**. Un écart est constaté sur la piézométrie ME du fait de la non prise en compte des drains dans la version actuelle de **MARTHE** ;
- définition du modèle conceptuel 3D à partir de la géologie, et des informations issues des pompages d'essai.

Dans l'immédiat, les tâches qui découlent de ces premiers travaux sont les suivantes :

- résoudre le problème de la prise en compte par **MARTHE** d'un réseau de drains (cf. chap. 2) ;
- construire le modèle discrétisé 3D au maillage horizontal actuel de 500 m, à partir de la topographie, du substratum et des 3 couches alluviales identifiées au chapitre 3, ce qui implique, **pour une** bonne représentation des écoulements, une subdivision verticale de chaque couche physique en sous-couches de mailles (on a retenu un découpage en trois) ;
- reprendre le modèle 2D actuel en intégrant les nouvelles données en cours d'acquisition (pluie et autres données de climatologie, débits sur stations de jaugeage) **pour** évaluer plus précisément d'une part la recharge, d'autre part les interactions nappe-rivière, en tenant compte des fluctuations de la pluie et des débits observés. Ceci implique un recalage en transitoire du modèle 2D.

La nouvelle recharge et les nouveaux coefficients d'échange, **issus** du recalage du **2D** seront alors introduits dans le modèle 3D pour modélisation des langues salées.