



DOCUMENT PUBLIC

Méthodes et moyens de contrôle des biseaux salés dans les aquifères littoraux

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 94-D-428

novembre 1996
R 38847



BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Synthèse

L'intrusion d'eau marine dans les aquifères littoraux se traduit par la présence d'un biseau salé qui limite l'exploitation de ces aquifères.

La forme et l'extension de ce biseau salé sont régies par des lois et des schémas hydrodynamiques qui sont exposés dans la première partie de cette étude.

Ces schémas ne correspondent malheureusement qu'à des cas simples théoriques, qui ne peuvent que servir de guide dans un contexte naturel bien souvent beaucoup plus complexe.

Il importe, par conséquent, de pouvoir localiser cette intrusion d'eau salée de manière plus concrète, c'est à dire par des méthodes de terrain.

Les mesures de niveau, la prospection géophysique de surface, les diagraphies de forage, l'échantillonnage et les analyses chimiques et isotopiques constituent ces principales méthodes, qui sont décrites dans la suite de l'étude.

Les analyses chimiques et isotopiques permettent, en outre, de distinguer une salinité d'origine marine de celles pouvant résulter d'autres phénomènes continentaux.

La modélisation numérique des phénomènes hydrodynamiques et de diffusion permet, à condition de disposer de données de terrain suffisantes, de prévoir l'évolution du biseau salé en fonction de différentes conditions simulées.

L'exploitation des nappes littorales entraîne une certaine progression du biseau salé "naturel" vers l'intérieur des terres. **Afin** de juger de cette progression, et de manière à ne pas prélever une eau de mauvaise qualité, il est nécessaire de mettre en place un dispositif d'alerte entre la côte et la zone des prélèvements. Le dispositif sera fonction du cadre géologique et hydrologique particulier au site, mais devra toujours répondre à des principes de base qui sont ici décrits, ainsi que les mesures de terrain correspondantes qui sont à effectuer.

Enfin sont exposées les différentes méthodes de prévention contre la progression du biseau salé, et qui permettent donc de maintenir ou d'accroître les ressources exploitables des aquifères littoraux.

Sommaire

Introduction	4
1. Rappel des notions de base	5
1.1. APPROCHE HYDROSTATIQUE.....	5
1.2. APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DE HUBBERT	7
1.3. LE MODELE DE GLOVER.....	9
1.4. HYPOTHESE DE COOPER	11
1.5. APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DE LUSCZYNSKI	11
2. Influence du contexte local	14
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE GENERAL	14
2.2. CAS PARTICULIERS.....	14
2.2.1. Les aquifères multicouches	14
2.2.2. Les aquifères littoraux karstiques	17
2.3. INFLUENCE DE L'EXPLOITATION DES NAPPES SUR LE BISEAU SALE	21
2.4. INFLUENCE DU BISEAU SALE SUR L'EXPLOITATION DES NAPPES.....	23
3. Méthodes de localisation du biseau salé	24
3.1. ESTIMATION THEORIQUE A PARTIR DE LA PIEZOMETRIE	24
3.1.1. Formule de Ghijben- Herzberg	24
3.1.2. Formule de Hubbert.....	25
3.1.3. Modèle de Glover	26
3.1.4. Formule de Luszczynski	26
3 1.4. Conclusions sur l'utilisation des schémas théoriques	27
3.2. LOCALISATION PAR PROSPECTION ELECTRIQUE	27
3.2.1. Résistivité des terrains en fonction de l'eau contenue	27
3.2.2. Relation résistivité de l'eau et salinité	28
3. 2. 3 Application à la localisation du biseau salé	29
3.2.4. La prospection électrique	29
3.3. METHODES MAGNETO-TELLURIQUE ET ELECTROMAGNETIQUE	37
3.4. DIAGRAPHIES GEOPHYSIQUES.....	38
3.5. LOCALISATION PAR ANALYSES CHIMIQUES.....	42
3.6. LOCALISATION DE LA SALINITE DANS LES EAUX SUPERFICIELLES	43
4. Etude de la salinité par analyses isotopiques et chimiques.....	45
4.1. PHENOMENES DE BASE	45
4.2. OUTILS UTILISES.....	46
4.2.1. Résumé des modalités de traçage naturel par les isotopes stables de la molécule d'eau.....	46
4.2.2. Résumé du traçage par l'isotope radioactif de l'eau, le tritium.	49
4.2.3. Résumé du traçage par les isotopes du soufre.	50
4.2.4. Résumé des modalités de traçage par le carbone 14.	53
4.2.5. Analyses chimiques.	55

4.3. APPLICATION A L'ETUDE DE L'ORIGINE DE LA SALINITE DES EAUX SOUTERRAINES.	58
4.3.1. Schémas théoriques.	58
4.3.2. Exemples d'études.	60
5. Modélisation des phénomènes	66
6. Choix et implantation d'un dispositif d'alerte	67
7. Prévention de la progression du biseau salé.	69
Conclusion	71
Références bibliographiques	72
Liste des figures	75
Liste des tableaux	77

Introduction

Dans les zones littorales les nappes souterraines d'eau douce arrivent au contact de l'eau salée d'origine marine qui envahit plus ou moins les formations du sous-sol côtier.

L'eau douce "flottant" sur l'eau salée, de manière générale et en première approximation donnée par l'équilibre hydrostatique, l'intrusion d'eau salée a la forme d'un biseau plongeant vers l'intérieur des terres, et appelé communément le **biseau salé**. Le contact de ces eaux de densité différente est en fait régi plus précisément par les lois d'équilibre hydrodynamique et par les phénomènes de diffusion qui s'inscrivent obligatoirement dans le contexte géomorphologique, lithologique et hydrologique propre à chaque région.

L'exploitation des nappes littorales influe considérablement sur la position et la forme de la zone de contact que constitue **l'interface eau douce/eau salée**, et réciproquement l'évolution de cette interface peut nuire à l'exploitation des eaux souterraines côtières, du fait de la dégradation possible (par augmentation de la salinité) de la qualité de l'eau prélevée.

Il est donc nécessaire, lors de toute exploitation d'eaux souterraines littorales, de pouvoir localiser l'interface avec l'eau salée et de pouvoir suivre ou du moins estimer son évolution compte tenu des prélèvements en cours, de manière à prévenir tout pompage d'eau salée.

Le but de la présente étude est de passer en revue les différentes méthodes et moyens de contrôle de la position et de l'évolution du biseau salé.

Conclusion

L'intrusion d'eau salée marine dans les aquifères littoraux est un phénomène fréquent.

Ce phénomène est régi par des lois (hydrodynamique et **diffusion** moléculaire) bien connues, mais peut néanmoins conduire à des configurations complexes dont l'hétérogénéité des conditions géologiques et hydrologiques est la cause.

Les aquifères littoraux constituent par ailleurs une ressource en eau appréciable dans des zones généralement à assez forte demande.

L'exploitation rationnelle de tels aquifères ne peut être faite qu'à partir d'une bonne évaluation des ressources disponibles : ressources renouvelables moyennes, prévision de basses eaux, etc.

L'identification et la localisation sur le terrain du biseau salé sont **des** éléments indispensables à l'évaluation des ressources exploitables. Pour ce faire il existe plusieurs méthodes : suivi des niveaux, méthodes géophysiques de surface, diagraphies de forage, prélèvements et analyses chimiques.

Ces mêmes méthodes de terrain doivent être également utilisées comme dispositif d'alerte afin de prévenir de la progression du biseau salé vers l'intérieur des terres, que provoquerait une exploitation excessive.

Il existe enfin plusieurs moyens de lutte contre cette intrusion de l'eau marine, mais ils doivent toujours être mis en œuvre très rapidement et de préférence de manière préventive. Ces différentes techniques permettent en outre d'accroître les ressources exploitables des aquifères littoraux.