



# LE BULLETIN DE L'A.H.S.P.

Numéro 20

BULLETIN DE L'ASSOCIATION DES HYDROGÉOLOGUES DES SERVICES PUBLICS

Juin 2005

## Edito

**P**eut-on juger, à l'aune du nombre d'apparition des mots nappe ou aquifère dans le projet de loi sur l'eau adopté récemment par le Sénat, de la prise en compte des eaux souterraines dans ce texte ?

Peut-être pas. Mais je me suis tout de même livré à un compte d'épiciers pour constater que le mot cours d'eau était cité 54 fois, rivière 4 fois et aquifère une fois. Quant au mot nappe, il n'apparaît jamais, remplacé par ce néologisme européen "masse d'eau souterraine" qui a droit à 6 occurrences. A noter que "rivière souterraine" n'y apparaît fort heureusement pas.

Les eaux souterraines, qui constituent pour nombre d'entre nous une préoccupation quotidienne, sont donc très peu présentes, tout au moins de manière explicite, dans ce texte.

Mais est-ce étonnant quand on sait que cette loi sur l'eau parle moins de cet élément que d'organisation administrative, de pouvoir de police, de transfert de compétence, de décentralisation, d'organisation des services publics, de finances publiques, ... ?

Cette loi ne modifiera donc pas grand-chose pour nos ressources souterraines mais elle ne sera peut-être pas sans conséquences pour le quotidien professionnel de certains d'entre nous. En premier lieu pour nos confrères des conseils généraux qui peuvent à juste titre s'interroger sur le rôle que jouera demain la collectivité départementale dans la politique de l'eau.

Quand on connaît l'implication des départements dans ce domaine, et que l'on imagine les arbitrages financiers qu'ils auront à faire pour assumer les transferts de compétences, notamment en matière d'affaires sociales ou d'infrastructures routières, on peut légitimement s'inquiéter.

Le Président de l'AHSP  
Bruno de GRISSAC



Photo : J.-P. Laurent, CG 85

### SOMMAIRE

Nitrates : Quand les acteurs se mobilisent, les résultats suivent	2
Les stockages souterrains de gaz	3-5
L'étude hydrogéologique de la Nappe Intensément Exploitée (NIE) de l'Aunis, un outil de gestion de la ressource à l'échelle du BV	6
Un SAGE et un modèle mathématique pour la gestion de la nappe de Beauce	7
Colloque Gérard Guieu	8
Un traçage pas comme les autres	8

### QUALITÉ NATURELLE DES EAUX SOUTERRAINES CONTRIBUTION À LA CARACTÉRISATION DES ÉTATS DE RÉFÉRENCE GÉOCHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

RAPPORT BRGM N° BRGM/RP-51093-FR. DOCUMENT PUBLIC. DÉC. 2001

**L**es aquifères français bénéficient dorénavant d'une méthodologie pour caractériser leur état de référence. S'il est facile de dire que les pesticides sont des molécules artificielles qui par définition ne se trouvent pas naturellement dans les eaux souterraines, il est plus difficile de l'affirmer pour d'autres éléments (macropolluants, micropolluants minéraux, ...) et de faire la part des choses entre une origine naturelle et une origine anthropique.

Cette méthodologie a été développée par le BRGM sous le contrôle d'un groupe de pilotage composé des 6 agences de l'eau, de 3 DIREN et de la Direction Générale de la Santé. Finalisée par le MEDD, cette étude initialement engagée par les agences en 1999, permet d'avoir une méthode pour déterminer la qualité naturelle d'une eau souterraine contenue dans un aquifère en un lieu donné, à partir de la connaissance de ses caractéristiques lithologiques et physico-chimiques.

L'ensemble des travaux réalisés (biblio, synthèse, tests, ...) est rassemblé dans un rapport de 5 volumes qui donne une multitude d'informations sur les éléments majeurs et mineurs, élément par élément et les processus d'acquisition de la qualité de l'eau.

Ces outils et méthodes permettent donc de qualifier le fond géochimique naturel d'une eau souterraine et d'en déduire les éléments apportés par l'Homme.

Un guide technique synthétise l'ensemble du rapport et est disponible dans la série "outils et méthodes" du BRGM.

David RATHEAU  
Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Le bulletin de l'A.H.S.P. - Juin 2005  
Bulletin semestriel N° 20 - ISSN N° 1292-7031  
Directeur de la publication : Bruno de GRISSAC  
Rédacteur en chef : Régis INGOUF  
Siège social : Maison de la Géologie, 79, rue C. Bernard, 75005 Paris  
Imprimé par l'imprimerie Jauffrit - Le Poiré-sur-Vie ; conçu par Régis Ingouf  
Dépôt légal : Juin 2005 - Gratuit

## NITRATES : QUAND LES ACTEURS SE MOBILISENT, LES RÉSULTATS SUIVENT

Note rédigée d'après la plaquette " Protection des Eaux souterraines du Val de Saône n°1 " de la Chambre d'agriculture de Saône et Loire

Dans le **Val de Saône**, les champs captants des communes de Boyer et de l'Abergement de Cuisery en Saône et Loire alimentent en eau potable près de 37 000 habitants. Au cours des années 80, la teneur en nitrates des eaux distribuées a nettement augmenté jusqu'à des valeurs parfois supérieures à 90 mg/l. Depuis 1994, l'opération Cultivons l'eau potable labellisée **Ferti-Mieux** a permis de fédérer les actions en faveur de l'amélioration de la qualité de l'eau et de veiller à leur cohérence. Un important dispositif de mesures et de suivis<sup>(1)</sup> a été mis en place afin de mieux connaître :

- le fonctionnement de la nappe ;
- les pratiques agricoles et leur évolution ;
- la qualité des eaux dans les captages et dans la nappe.

### UNE NAPPE ALLUVIALE MIEUX CONNUE

La **nappe alluviale** du Val de Saône est contenue dans des sédiments sablo-graveleux de bonne perméabilité, mais de faible épaisseur (4 m en moyenne). Hors périodes de crues, l'écoulement naturel des eaux souterraines est généralement perpendiculaire ou oblique à la Saône qui constitue l'axe de drainage de la nappe. Les gradients d'écoulement sont très faibles. La nappe est alimentée essentiellement par les pluies à travers les terrains alluviaux et par les crues.

La couverture argilo-limoneuse assure une protection de la nappe vis à vis des infiltrations de surface et peut jouer un rôle de dénitrification lorsque la nappe est en charge.

### DES PRATIQUES AGRICOLES QUI ÉVOLUENT

#### 1 – SUR LES BASSINS D'ALIMENTATION

- Des études hydrogéologiques ont conduit en 1994 à la délimitation réglementaire des **périmètres de protection des captages**.

La prairie de fauche, exploitée extensivement, constitue le meilleur filtre protecteur pour la nappe. La remise en prairies permanentes de toutes les parcelles labourées, situées dans les périmètres rapprochés, a donc constitué un premier objectif.

Les Syndicats des Eaux ont attribué aux agriculteurs concernés une indemnité pour la remise en prairie et fait une proposition de rachat des terres aux multiples propriétaires. Au terme d'une négociation réussie, 61 ha initialement en maïs sont depuis 1995 ou 1996 à nouveau en prairies, et ce, durablement.

- Des Mesures agri-environnementales (MAE) visant à préserver l'eau potable ont été mobilisées sur les parcelles situées à l'intérieur des bassins d'alimentation. Objets d'un contrat de 5 ans entre les agriculteurs volontaires et l'administration, elles ont été mises en place en 1995-1996. Sur les deux champs captants, 12 agriculteurs sur 18 se sont engagés, soit à la conversion de terres arables en herbages extensifs (47 ha), soit à la réduction des intrants azotés (222 ha).

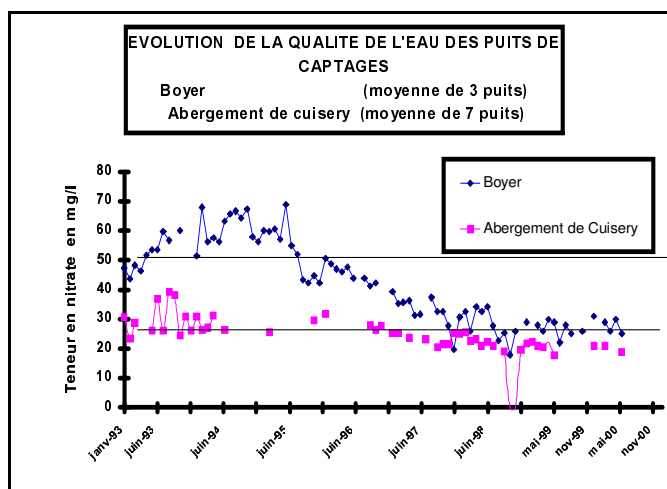
<sup>(1)</sup> Ce programme d'expérimentation a été conduit par la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire en partenariat avec la DIREN de Bourgogne et le concours scientifique de l'INRA de Mirecourt, avec les données de la DDASS de Saône-et-Loire, Voies Navigable de France et Météo France. Les travaux de recherche de références et leur diffusion sont financés par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, le Syndicat Mixte d'Etude Saône-Doubs, le LIFE, le Conseil Général de Saône-et-Loire et le Ministère de l'Agriculture.

#### 2 – SUR L'ENSEMBLE DU VAL DE SAÔNE : LA DÉMARCHE COLLECTIVE "FERTI-MIEUX"

Depuis 1993, une opération de conseils, labellisée Ferti-Mieux, est animée sur toute la zone inondable du Val de Saône. Cette action de **communication-conseil** a joué un rôle moteur dans la prise de conscience de l'impact de l'agriculture sur l'environnement, au niveau des agriculteurs. Des expérimentations<sup>(1)</sup> menées par la Chambre d'Agriculture, en collaboration avec l'INRA, sont à la base d'une grille de conseils adaptés de la fertilisation azotée du maïs, diffusées depuis 1993 et obligatoire dans les périmètres de protection éloignée.

Une évaluation en 1996 montrait une réduction des apports d'azote sur les maïs d'environ 50 unités par hectare et par an (soit - 25 %).

### LA RESTAURATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU



A **Boyer**, les trois puits de captage voient leur concentration en nitrates s'améliorer après des pics en 1994 et 1995. La chute des concentrations en nitrate a été nette et rapide entre 1995 et 1997 : à titre d'exemple dans le puits 4, elles ont baissé de 20 mg/l chaque année pendant cette période.

Depuis janvier 1998, la qualité de l'eau semble être stabilisée en dessous de 30 mg/l pour tous les puits.

A l'**Abergement de Cuisery**, depuis janvier 1996, il n'a jamais été enregistré de concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l, et depuis septembre 1998 aucun puits n'a dépassé une concentration en nitrates de 30 mg/l. La situation semble se stabiliser depuis 1998, voire même continuer à s'améliorer au niveau du puits 5, initialement le plus contaminé (106 mg/l en 1992) : cette restauration apparaît liée à la remise en prairie de 23 hectares en 1995.

Pour les deux champs captants, il aura fallu moins de trois ans pour restaurer durablement la qualité de la ressource et moins d'une année pour inverser la tendance. Cette tendance était pourtant inéluctable aux dires de certains... ; c'était sans compter sur la volonté des acteurs locaux et de leurs partenaires.

Gilles CREUZOT  
DIREN Bourgogne

## LES STOCKAGES SOUTERRAINS DE GAZ - GÉNÉRALITÉS ET EXEMPLE DE CÉRÉ-LA-RONDE

**A** l'instar des autres sources d'énergie, le gaz naturel connaît une demande croissante.

Pour satisfaire les besoins, GAZ DE FRANCE (GDF) met en œuvre l'exploitation des gisements, la construction des infrastructures de transport et la création des stockages indispensables pour éviter toute coupure d'alimentation. D'autres opérateurs, dont Total-Fina-Elf dans le sud-ouest avec les stockages d'Izaute et Lussagnet, y participent également.

La présente note fait la synthèse de la visite technique de l'Association des Hydrogéologues des Services Publics du 18 juin 2004 sur le site de stockage de Céré la Ronde exploité par GDF.

Cette visite s'est déroulée en deux temps :

- présentation des différentes possibilités de stockage souterrain de gaz et illustration par celui de Céré la Ronde ;
- visite du site.

### 1 - LE STOCKAGE SOUTERRAIN DE GAZ

#### 1.1 - POURQUOI ?

La consommation en gaz naturel varie, selon les saisons (5 fois plus forte l'hiver) et journalièrement, en fonction des aléas climatiques. Les principaux gisements se trouvent à l'étranger et l'approvisionnement est régulé par des contrats de fourniture à débits plus ou moins constants (30% Norvège, 24% Russie, 22% Algérie, 16% Pays-Bas, le reste provenant de plusieurs gisements mais surtout du gisement de Lacq en France (70%), presque épuisé et dont la fin d'exploitation par Total est prévue en 2010). Ainsi, afin de lisser les pics de demandes, il est nécessaire de stocker le gaz.

Au début, des cuves aériennes (gazomètres) étaient utilisées. Mais leur faible capacité et les risques liés à ce type d'ouvrage ont incité à la mise en place de stockages de plus grande capacité et plus sûrs : anciens gisements de gaz ou d'hydrocarbures épuisés, aquifères, cavités salines.

Outre leur fonction de régulation des pics de demandes, ces réservoirs de grande capacité présentent d'autres avantages :

- Ils permettent d'optimiser les réseaux de distribution ;
- Ils jouent un rôle stratégique en matière de sécurité des approvisionnements puisque les quantités stockées assurent la consommation des 6 mois à venir en cas de défaillance d'un des principaux fournisseurs : stockage l'été - soutirage l'hiver ;
- Ils jouent un rôle de spéculation car ils permettent la mise à disposition de fortes quantités en peu de temps.

#### 1.2 - COMMENT ?

Le fonctionnement est sensiblement le même quel que soit le réservoir : on stocke en période de faible consommation (étés), on soutire le gaz stocké quand il y a de la demande (hivers).

En France, 14 sites exploitent 15 stockages correspondant à un volume total soutirable de  $11.10^9 \text{ m}^3(\text{n})^1$ , soit le tiers de la consommation annuelle. Il s'agit de :

- 12 stockages en aquifères ;
- 3 stockages en cavités salines.

<sup>(1)</sup> Dans le domaine du stockage de gaz, les volumes sont donnés dans les conditions normales. Ainsi l'unité de volume utilisée est le mètre cube normal  $\text{m}^3(\text{n})$  rapporté à  $P = 1,013 \text{ bar}$  et  $T = 0^\circ\text{C}$ .

Néanmoins, 80 % du gaz stocké dans le monde se fait dans les anciens gisements épuisés : gisements déplétés de gaz ou de pétroles.

#### 1.2.1 - LES STOCKAGES EN AQUIFÈRES PROFONDS

Ce type de stockage est mis en œuvre pour des aquifères situés entre 500 et 1 200 m de profondeur possédant les caractéristiques principales suivantes :

- Structure = Présence d'un anticlinal : dôme ;
- Couverture = Toit imperméable ;
- Réservoir = Milieu poreux perméable.

Il s'agit généralement de grès ou de sables où le gaz injecté sous pression par l'intermédiaire de forages va repousser l'eau et rester piégé dans le dôme (cf. figure 1). Les mêmes forages d'injection fonctionnent en sens inverse l'hiver pour le soutirage.

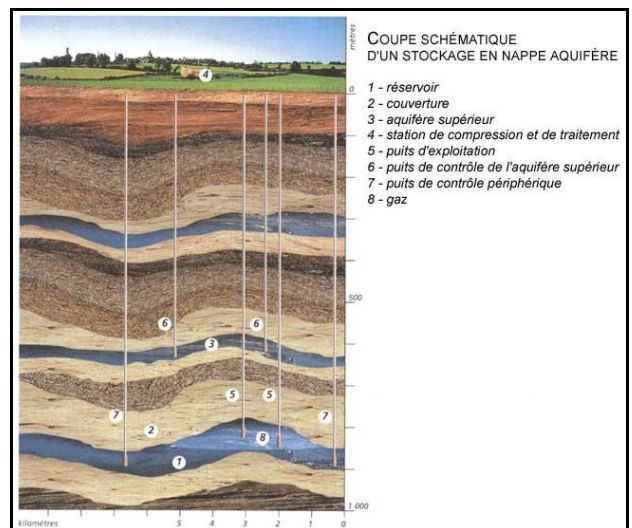


Figure 1 : Stockages en aquifères

La quantité de gaz stocké ne doit bien sûr pas déborder à l'extérieur du piège anticlinal afin d'éviter les pertes et sa dispersion dans l'aquifère. Pour cela, l'aquifère objet du stockage, mais aussi les aquifères sus-jacents sont contrôlés par l'intermédiaire d'autres forages et de mesures sismiques 3 D à pas de temps réguliers.

Ce type de stockage nécessite la mise en place d'un "coussin" de gaz (environ la moitié du stock) qui reste dans l'aquifère et devient par conséquent inutilisable. La fonction du gaz coussin est d'assurer une meilleure mobilisation du gaz lors des forts soutirages et par conséquent réduire la production d'eau. Sur certains stockages de Gaz de France une partie de ce coussin de gaz naturel a été remplacé par du gaz inerte (azote).

Les grands bassins sédimentaires contiennent généralement des aquifères favorables au stockage. En France, on en trouve dans le Bassin parisien et le Bassin aquitain. Ce type de réservoir peut contenir des quantités très importantes de gaz. L'un des plus grands du monde se trouve à Chémery (France). Il dispose d'une capacité de stockage de  $7.10^9 \text{ m}^3(\text{n})$ .

Ces stocks assurent le soutirage de base pendant tout l'hiver.

### 1.2.2 - LES STOCKAGES EN CAVITÉS SALINES

De dimensions plus réduites (jusqu'à 300 000 m<sup>3</sup>), les cavités sont creusées par lessivage (injection d'eau douce) à l'intérieur de couches épaisses de sel gemme. On injecte généralement 10 m<sup>3</sup> d'eau pour créer 1 m<sup>3</sup> de cavité.

Une fois la cavité creusée, des tests d'étanchéité sont réalisés. Le gaz est ensuite injecté et va repousser la saumure en surface. Les pressions dans la cavité peuvent aller de 80 à 200 bars. Situées entre 900 et 1 600 m de profondeur, les cavités sont maintenues à une pression minimale pour éviter le fluage du sel et par conséquent leur bouchage.

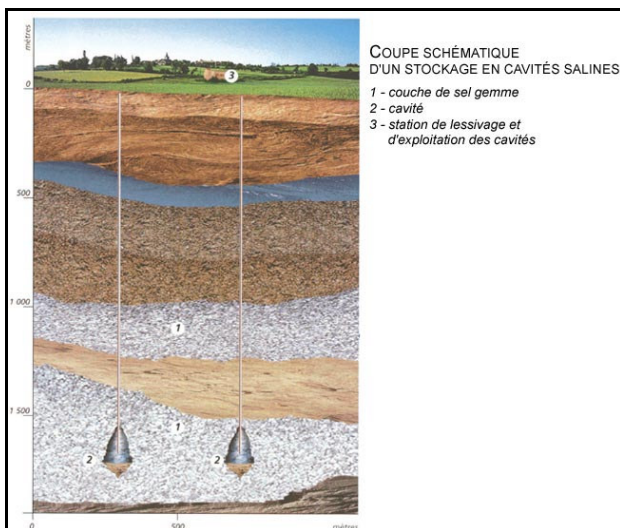


Figure 2 : Stockages en cavités salines

L'intérêt de ces stockages réside dans leur fort débit de pointe qui permet d'encaisser les variations de la demande journalière en fournissant rapidement les quantités nécessaires. Les trois sites français se situent dans le Sud-Est de la France.

### 1.2.3 - LES GISEMENTS DÉPLÉTÉS

Les anciens gisements sont reconvertis en stockages et remplis à partir d'autres sources d'approvisionnement. C'est le type de stockage le plus fréquent dans le monde, mais il existe peu de possibilités en France.

### 1.2.4 - AUTRES SOLUTIONS DE STOCKAGES À L'ÉTUDE

Outre ces trois types de réservoir, des études en cours s'intéressent à la mise en service de :

- cavités minières revêtues d'une membrane en acier et de béton ;
- cavités dans les couches de sel peu épaisses.

## 1.3 - DE L'IDENTIFICATION À LA DISTRIBUTION

### 1.3.1 - RECHERCHE

Plus de 20 ans sont nécessaires pour passer des premières explorations à la mise en service d'un stockage. Généralement basées sur les investigations des pétroliers, les études portent sur la géométrie de l'aquifère, ses caractéristiques hydrauliques (porosité, perméabilité...) et celles de son toit. Une étude d'impact et une enquête publique vérifient la compatibilité du projet avec les usages existants.

Les méthodes de prospection mises en œuvre sont la géophysique (sismique 3D), des forages, des carottages et des tests hydrauliques. Tout cela permet de détecter les éventuels défauts des structures. Des modèles d'abord statiques pour le calcul des volumes puis en écoulement sont utilisés pour simuler les stockages et leur impact sur plusieurs centaines de km<sup>2</sup>.

A chacune des étapes, des demandes d'autorisation ou des déclarations sont instruites par les administrations compétentes. En moyenne 5 sites explorés sur 6 ne sont pas retenus.

### 1.3.2 - EXPLOITATION

Avant toute mise en service, le réservoir est développé par injection de gaz à pression croissante. L'aquifère connaît alors une très forte montée en pression qui baissera progressivement au cours de son exploitation avec toutefois les variations annuelles été-hiver. Régit par le code minier, l'autorisation de concession de stockage est au maximum de 50 ans pour la première demande et elle est renouvelable par périodes successives de 25 ans.

La sismique 3D faite à des pas de temps réguliers est utilisée pour suivre l'évolution de la saturation en gaz et pour optimiser les points de soutirage en déterminant les zones de plus forte accumulation.

### 1.3.3 - SÉCURITÉ ET DISTRIBUTION

Dans le réservoir, le gaz ne peut pas s'enflammer car il n'y a pas d'oxygène.

En revanche, il peut arriver que des accidents surviennent en surface. Ils sont toutefois très rares (2 en France en 40 ans) et rapidement maîtrisés. Outre le monitoring de surface qui permet de contrôler les pressions sur plusieurs forages afin de vérifier l'état du réservoir et des aquifères sus-jacents, les sites sont clôturés, interdits d'accès et surveillés 24 h/24 h.

Chaque forage est creusé avec une quantité de boues mesurée, aux caractéristiques "inoffensives" pour l'environnement et possède une cimentation. Il est muni, à une trentaine de mètres de profondeur, d'une vanne de sécurité : boulet maintenu par une pression d'huile qui, en cas de problème, peut boucher le puits.

Des analyses d'eau de l'aquifère utilisé et des aquifères supérieurs sont réalisées périodiquement. Deux plans de sécurité sont réalisés pour compléter les mesures précédemment citées.

Pendant son séjour dans l'aquifère, le gaz a tendance à se charger en eau et quelquefois à s'enrichir en H<sub>2</sub>S. Avant distribution, des unités de traitement vont donc le déshydrater et éventuellement le désulfurer. Un odorant est également ajouté pour que les usagers puissent détecter les fuites (tétrahydrothiophène à 25 mg/m<sup>3</sup>). Des analyses régulières permettent de vérifier la qualité du gaz produit.

## 2 - LE STOCKAGE DE CÉRÉ LA RONDE

### 2.1 - APERÇU GÉOLOGIQUE

Le réservoir de Céré la Ronde est contenu dans des grès du Trias à 910 m de profondeur. Il est constitué par deux tops découpés par plusieurs failles mais dont le rejeu est inférieur à l'épaisseur de la couverture.

Au-dessus de ce réservoir, il existe trois aquifères : Cénomaniens, Bathoniens, Trias multicouche.

L'idée du stockage à Céré la Ronde a été lancée au début des années 1980 suite à des forages pétroliers. Sa mise en service a eu lieu en 1993.

Outre les sondages pétroliers, le site a fait l'objet de nombreuses investigations : sismique 3D, sondages (forages, carottages), prise d'échantillons (cuttings...), tests hydrauliques.

La pression maximale de fond autorisée est de 130 bars pour une capacité de stockage de l'ordre du milliard de m<sup>3</sup> normaux. Elle est définie en fonction des caractéristiques des couches imperméables au-dessus de l'aquifère de stockage pour préserver son étanchéité au gaz. A 910 m de profondeur, la température du gaz est de 30° C.

## 2.2 - MODE D'EXPLOITATION

L'injection du gaz se fait sur les deux anticlinaux à des pressions de 90 à 115 bars par l'intermédiaire de 10 puits d'exploitation. Il existe 13 autres puits pour le contrôle latéral de l'aquifère et des aquifères sus-jacents.

Le site, classé SEVESO 2, est sous vidéo-surveillance et alarme anti-intrusions. Il y a huit agents d'exploitation et toujours deux personnes en astreinte. La salle de monitoring (où une personne est sur place 24 h/24) présente un synoptique du fonctionnement et permet de superviser, démarrer, injecter, arrêter l'ensemble des installations. Elle fournit des informations telles que l'état de marche des installations, la pression dans l'aquifère, la qualité du gaz traité... Il existe un monitoring sismique qui permet de surveiller et d'optimiser l'exploitation du réservoir.

En complément des sécurités présentes sur chacun des puits d'exploitation (boulet à 30 m de profondeur), un dispositif de Mise en Sécurité Ultime ("M.S.U.") permet de fermer tous les puits et de vider le gaz des infrastructures.

Des compresseurs sont chargés de monter en pression le gaz pour l'injecter dans l'aquifère. Le gaz soutiré subit d'abord une déshydratation et une désulfuration avant d'être odorisé puis amené une déshydratation et une désulfuration à la pression demandée par le réseau de distribution.

Chaque année, pendant quelques jours à un mois, les installations sont totalement arrêtées pour assurer les travaux de maintenance : ni injection, ni soutirage.

Tous les dix ans, ce sont les tours de déshydratation qui sont complètement démontées et révisées. L'opération dure un mois et demi à deux mois et rend le site inutilisable : c'était le cas lors de notre visite du 18 juin 2004.

Le site de Céré la Ronde est utilisé en modulation sur le réseau de distribution de GDF.

Il est certifié ISO 14001 pour le management environnemental.

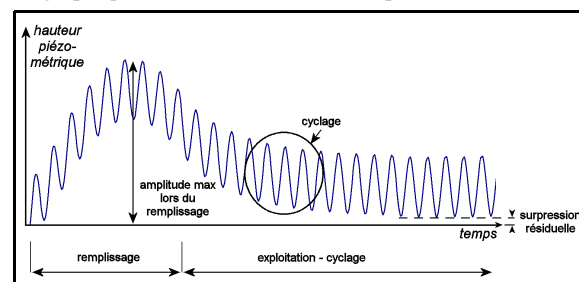
## 3 - L'IMPACT DES STOCKAGES DE GAZ SUR LES AQUIFÈRES

### 3.1 - IMPACT QUANTITATIF

L'impact quantitatif est celui de la variation de pression dans l'aquifère, de deux manières :

- une augmentation de pression durant la phase de " gonflage " du stockage, lors de sa première mise en service ou d'une augmentation de capacité ;
- une variation saisonnière liée au stockage de l'été et au déstockage de l'hiver (" cyclage ").

Le graphique ci-dessous illustre ces impacts.



Ces impacts se diffusent dans l'aquifère et se superposent aux autres variations piézométriques naturelles ou induites par l'exploitation de l'aquifère pour d'autres usages. Les impacts s'amortissent avec la distance au stockage en fonction des caractéristiques hydrodynamiques et des hétérogénéités (biseaux, failles, changement latéral de faciès, ...) de l'aquifère.

A Céré la Ronde, l'aquifère (grès du Trias) n'est pas exploité pour d'autres usages mais, par exemple dans le sud-ouest, les 2 stockages de Lussagnet et Izaute génèrent des variations piézométriques sur les forages (une quinzaine) situés jusqu'à une trentaine de km. Une ride anticlinale fait remonter à l'affleurement la couche aquifère concernée par le stockage (sables de l'Éocène), et le remplissage un peu trop rapide des années 90 (augmentation de capacité) a rendu jaillissants les ouvrages thermaux de Barbotan (Gers - 32). On a pu penser qu'il peut y avoir eu éventuellement d'autres sorties sur d'autres rides voisines, mais on n'a pas pu les mesurer par des jaugeages des cours d'eau.

A Lussagnet, une nouvelle augmentation de capacité est en cours d'instruction, mais la baisse régulière du niveau piézométrique de cette nappe fortement exploitée rend de nouvelles sorties d'eau peu probables, sauf au début du remplissage, et l'exploitant (Total-Fina-Elf) a prévu deux précautions : un remplissage plus étalé dans le temps, et si nécessaire un pompage dans un forage pour éviter l'artésianisme local à Barbotan.

### 3.2 - IMPACT QUALITATIF

La grande majorité des composants du gaz naturel est quasiment insoluble dans l'eau. Cependant le gaz naturel (90% de méthane) contient également des traces de métaux, et des hydrocarbures. Ces éléments peuvent donc se retrouver, en quantité très faible, dans l'eau et également se fixer sur la roche réservoir. Cet impact est limité, à l'échelle de temps de la durée d'exploitation, à la partie toujours en gaz, et à celle alternativement en gaz et en eau suivant la saison.

Des travaux menés par les opérateurs de stockages en collaboration avec l'IFP et l'ENSMP ont montré que l'impact qualitatif dans l'aquifère de stockage, sur des durées très longues (10 000 ans) se limite à l'intérieur du périmètre de protection des stockages (où les forages d'eau doivent être soumis à autorisation). Il ne serait détectable (seuil analytique) qu'à l'intérieur du périmètre de stockage, zone plus restreinte à l'intérieur du périmètre de protection.

De nombreuses analyses du gaz et de l'eau portées à la connaissance des administrations de tutelles, sont faites régulièrement pour contrôler ce phénomène.

Pierre MARCHET  
Agence de l'Eau Adour-Garonne  
&  
Henri PELLIZARO  
CG 64

## L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA NAPPE INTENSÉMENT EXPLOITÉE (NIE) DE L'AUNIS UN OUTIL DE GESTION DE LA RESSOURCE À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT

Le Marais poitevin, façonné par l'homme depuis le Paléolithique, représente, avec 1 120 km<sup>2</sup>, la deuxième zone humide de France en terme de superficie. Son bassin versant bénéficie d'une richesse écologique exceptionnelle et représente un intérêt socio-économique majeur.

Trois Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) constituent l'outil de planification et de gestion qui s'applique sur la zone humide. Ils fixent les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur et de protection quantitative et qualitative des ressources en eaux et des écosystèmes aquatiques.

Sur le bassin d'alimentation sud du marais poitevin (1 600 km<sup>2</sup>), périmètre de la nappe intensément exploitée (NIE) de l'Aunis, il apparaît un déséquilibre chronique entre la ressource et les besoins en eau.

### MIEUX CONNAÎTRE POUR MIEUX GÉRER

L'étude hydrogéologique menée sur la NIE de l'Aunis doit permettre de mieux comprendre le fonctionnement de la ressource souterraine et son interaction avec le réseau hydrographique de surface. L'objectif est de mettre en place un outil capable d'apporter des éléments techniques étayés pour la gestion optimale de la ressource.

L'étude comporte trois phases :

- ✓ **Phase 1 :**  
analyse et synthèse des données existantes pour examiner la faisabilité d'un modèle, définir son étendue et préconiser l'acquisition des données nécessaires ;
- ✓ **Phase 2 :**  
investigations complémentaires et mise en place de réseaux de suivis ;
- ✓ **Phase 3 :**  
modélisation numérique, destinée à reproduire par le calcul le fonctionnement d'un système aquifère réel.

### D'UN OUTIL DE COMPRÉHENSION VERS UN OUTIL DE GESTION

La modélisation numérique d'un aquifère suppose la disponibilité de nombreuses informations. La fiabilité du modèle dépend de la qualité des données.

Des investigations complémentaires ont donc été engagées pour obtenir les informations indispensables :

- **Les réseaux de suivis :**
  - le réseau piézométrique pour le suivi du niveau des nappes sur 30 sites répartis sur les bassins du Curé, du Mignon, de la Courance et de la Guirande ;
  - le réseau limnimétrique pour le suivi du niveau des cours d'eau (sur 22 sites) ;

- le réseau hydrométrique pour le suivi du débit des cours d'eau et des volumes drainés (à l'exutoire des 4 sous-bassins et à l'aval des failles d'Aiffres).

#### ➤ Les bases de données :

- les précipitations (données Météo-France),
- les volumes prélevés associés à un point de prélèvement (irrigants et syndicats d'eau) ;

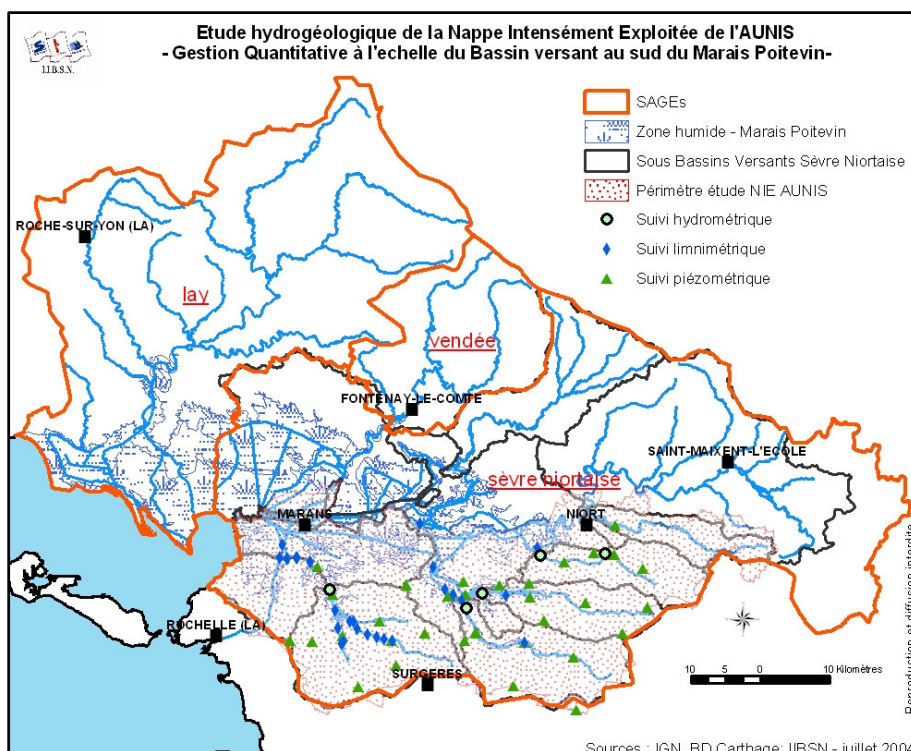
#### ➤ Les campagnes hydrogéologiques :

- les pompages d'essais pour déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (effectués sur 19 sites),
- les relations entre la nappe du Malm et les formations superficielles du marais font également l'objet d'un travail de recherche en collaboration avec l'université de Poitiers.

Une fois le modèle réalisé, il sera possible de simuler différentes situations, d'en observer les conséquences, et d'en tirer des conclusions en termes de gestion ou d'aménagement.

C'est l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN), Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) qui mène cette étude hydrogéologique. Le montant global de cette étude s'élève à 500 000 € TTC. Son financement est pris en charge à 80% par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. La part restante à la charge de l'IIBSN est couverte par la contribution des départements de Charente-Maritime, Deux-Sèvres et Vendée.

Marc GALIA  
IIBSN - EPTB  
(E-mail : [i-i-b-sevre-niortaise@wanadoo.fr](mailto:i-i-b-sevre-niortaise@wanadoo.fr))



## UN SAGE ET UN MODÈLE MATHÉMATIQUE POUR LA GESTION DE LA NAPPE DE BEAUCE

Avec près de 10 000 km<sup>2</sup> et un budget moyen interannuel de 1.4 milliards ...de m<sup>3</sup>, la nappe des calcaires de Beauce fait partie des grands réservoirs d'eau souterraine du territoire national.

Les sécheresses hivernales et estivales du début des années 90 ont cependant mis en péril son cycle pluriannuel bien marqué et l'ont amenée aux plus bas niveaux jamais atteints du fait de pompages importants pour l'irrigation conjugués à une très faible réalimentation naturelle de la nappe.

Les atteintes au milieu naturel que cette baisse a induit, et notamment les assèchs de cours d'eau drainants, ont suscité une importante prise de conscience des services de l'état et des responsables professionnels agricoles et surtout ébranlé l'idée reçue que cette ressource était inépuisable.

Trois démarches furent alors engagées quasi simultanément :

- une démarche de gestion volumétrique concertée avec attribution d'un volume garanti à chaque irrigant en début d'année et système de bonus / malus (développée dans le bulletin précédent) ;
- l'engagement d'un programme d'étude et de modélisation de la nappe ;
- l'engagement d'une procédure de SAGE.

Les études et la modélisation ont été engagées sous la maîtrise d'ouvrage de l'agence de l'eau Loire Bretagne et en partenariat avec l'agence de l'eau Seine Normandie ainsi que les régions et DIREN Centre et Ile-de-France ; elles arrivent à leur terme avec des réussites diverses.

Les études préalables ont partiellement rempli leur rôle de connaissance de base pour la construction du modèle et la géométrie du réservoir réalisée par le BRGM constitue notamment aujourd'hui une référence technique très solide utilisée dans d'autres cadres.

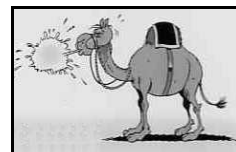
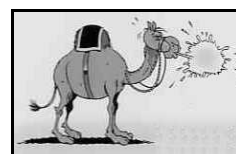
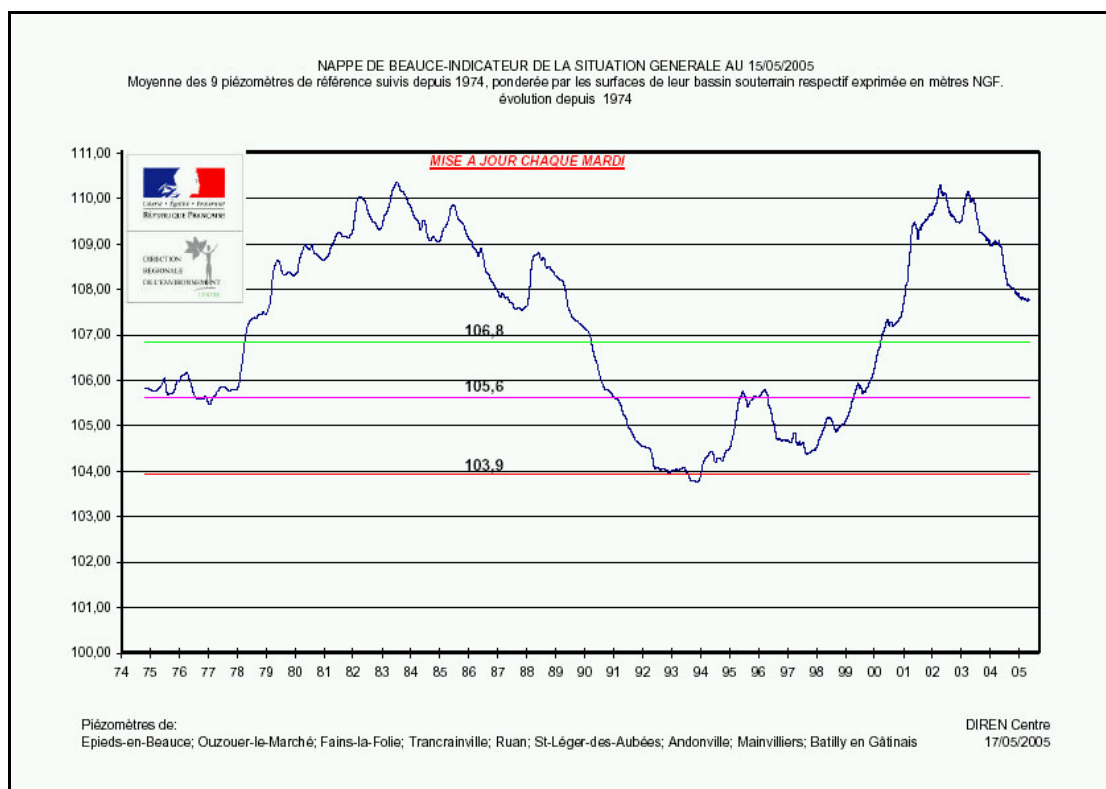
En revanche la modélisation, objet de tous les regards, n'a pas obtenu le succès escompté : le calage du modèle est en effet imparfait sur la périphérie du domaine.

On utilisera donc dans un premier temps les résultats de simulation obtenus sur l'indicateur piézométrique global de la nappe dont le calage est considéré comme correct et retraçant bien le caractère pluriannuel marqué de la nappe ; on a ainsi pu mettre en évidence que l'équilibre de la nappe sur plusieurs années s'établissait avec un pompage agricole d'environ 200 millions de m<sup>3</sup> par an lors d'années de recharge moyenne (les prélèvements AEP et industriels étant supposés constants à 100 millions de m<sup>3</sup>). Il faut rappeler que les volumes pompés pour l'irrigation varient entre 150 et 420 millions de m<sup>3</sup> avec une moyenne de 250 millions depuis 1990 et que le volume attribué pour la gestion est de 450 millions en situation de nappe haute.

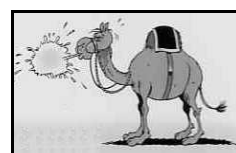
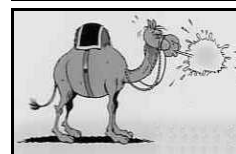
Ces volumes seront au cœur des débats du groupe de travail " gestion quantitative " du SAGE Beauce en cours d'élaboration. Ce groupe, émanation de la CLE, s'est entouré d'experts et d'hommes de terrain pour proposer à cette dernière les règles de gestion qui seront édictées dans le SAGE et notamment le volume exploitable et les contraintes en cas de franchissement du seuil de crise représenté par les plus bas niveaux actuellement connus.

D'autres groupes de travail sont constitués (gestion qualitative, préservation des milieux naturels, bassin Juine / Essonne) pour élaborer ce qui peut être considéré comme le 2ème SAGE eaux souterraines de France après le SAGE eaux profondes de Gironde même si le SAGE Beauce traite également des milieux aquatiques associés puisqu'il s'agit d'une nappe libre.

Pascal BILLAULT  
Agence de l'Eau Loire-Bretagne



Le retour de la  
désormais fameuse  
nappe « 2 bosses »...



## COLLOQUE GÉRARD GUIEU, MARSEILLE - 15 / 16 OCTOBRE 2004

Les anciens élèves et les collègues du professeur Gérard Guieu ont souhaité rendre hommage à l'œuvre de ce géologue hors pair qui était un des meilleurs structuralistes de sa génération. Cette manifestation était également l'occasion de saluer la nouvelle réédition de la thèse de Gérard Guieu sur " La tectonique de la région de Marseille " - Publications de l'Université de Provence.

Marseillais d'origine, Gérard Guieu a parcouru toutes les collines et les massifs provençaux. Il en a levé une cartographie minutieuse et a fait évoluer les concepts de la tectonique provençale et des zones charriées.

Il était avant tout un géologue de terrain mais également un enseignant pédagogue sachant transmettre sa passion aux étudiants avec fougue et humour.

Directeur du laboratoire de Géologie Appliquée, en des temps où la science commençait à douter qu'un géologue de terrain puisse faire des recherches de bonne tenue scientifique, il était fréquemment consulté par des collectivités et des entreprises en particulier pour des grands projets d'infrastructure. Ceux-ci lui ont permis non seulement de vérifier les hypothèses qu'il avait émises sur la structure géologique locale mais surtout d'offrir à ses étudiants des sujets de thèses appliquées.

Le colloque rassemblait des anciens élèves et des collègues de Gérard Guieu mais aussi diverses personnalités des sciences de la Terre.

Les présentations scientifiques portaient sur des recherches issues ou inspirées des travaux de Gérard Guieu ou encore ayant un lien avec la Méditerranée et les formations carbonatées telles celles de la Provence.

Le 16 octobre était consacré à la géologie et la géotechnique du Port Autonome de Marseille.

**Guglielmina OLIVEROS - TORO**  
DRIRE Centre  
&  
**Michel YVROUX**  
CG 11

### MOUVEMENT

Cyril Delporte quitte son poste au Conseil Général de la Mayenne pour rejoindre le Conseil Général du département de l'Intarissable André, le Lot.

### UN TRAÇAGE PAS COMME LES AUTRES...

OU

COMMENT, DÉJÀ À CETTE ÉPOQUE, LES HYDROGÉOLOGUES RÉGLAIENT LEURS COMPTES !

*Les informations ci-dessous sont extraites d'une "notice historique et descriptive", rédigée par le Professeur FOURNIER (voir ci-contre), en 1910.*

“

Dès 1898, j'arrivai à la conclusion formelle que les pertes du Doubs contribuaient, pour une part notable, à l'alimentation de la Loue et que cette dernière rivière était en train de capturer le tronçon supérieur du Doubs.

L'incendie de l'usine Pernod, le dimanche 11 août 1901, à midi et demi, vint donner une confirmation bien inattendue de notre hypothèse :

L'absinthe, dont un million de litres avaient été déversés dans les sous-sols de l'usine, apparaissait à la source le mardi 13 à midi. M. André Berthelot fils, qui était en ce moment en villégiature à Mouthier, adressait une lettre à l'Académie des Sciences, faisant connaître à cette assemblée que, le mardi à midi, on avait commencé à percevoir, à la source de la Loue, une odeur d'absinthe qui s'accroissait et devenait très forte vers trois heures. Le mercredi matin, l'odeur était aussi forte que celle d'un verre d'absinthe pris sur une table d'un café. M. Berthelot père, secrétaire perpétuel, a analysé les échantillons que lui a adressés son fils, et y a retrouvé très nettement de l'essence d'anis et un liquide épais de couleur verte très intense, constitué par un mélange d'essence d'absinthe et d'une résine : aucun corps de ce genre ne saurait préexister dans une eau naturelle.

En 1872, Maire et Gresset, avaient exécuté, à l'aval de Pontarlier, une expérience à l'aide de sel marin, 5 000 kg de sel furent jetés, à même dans la rivière, le 16 juillet ; le lendemain l'eau salée réapparaissait quelques kilomètres à l'aval dans la vallée du Doubs !

Ces expériences étaient donc de nature à faire croire que les eaux absorbées par les pertes étaient restituées, en totalité, au cours du Doubs ce qui est, comme nous allons le voir, complètement inexact. Ce n'est donc pas sans quelques appréhensions que j'envisageai la nécessité de procéder à une expérience de coloration grandiose sur les pertes elles-mêmes. Ce qui m'encourageait pourtant à tenter l'expérience, c'est que si elle donnait un résultat positif à la source de la Loue c'était l'écrasement complet de l'absurde hypothèse niant la communication entre le Doubs et la Loue !



Mes arguments parvinrent à convaincre mon excellent ami Martel, qui avait la haute direction de nos opérations et les 100 kg de fluorescéine furent déversés le 31 août 1910 ; engagé dans l'eau jusqu'à la ceinture, je versais à même le contenu des tonnelets dans l'entonnoir liquide formé par le tourbillon. Dès 8 heures du matin, le 3 septembre, nous constatons l'apparition d'une coloration extrêmement intense à la source de la Loue, aucune coloration ne parut à l'aval dans le lit du Doubs.

On peut affirmer hautement que toute la matière colorante déversée dans les pertes du Doubs est ressortie à la Loue et qu'il n'en a pas été restitué une parcelle au cours inférieur du Doubs, seules les eaux, qui s'infiltrèrent dans les alluvions, reviennent dans cette rivière à l'aval ”.

C'est bien au travers de cette anecdote historique et hydrogéologique que l'on perçoit mieux la force des hommes d'ici (et des femmes), façonné(s) par le terroir rude mais authentique de cette terre de contraste du Haut Doubs, là où ils portent haut et fort leurs exigences de vérité sans complaisance ni partialité, en dignes successeurs des Proudhon, Pasteur, Courbet et autre Hugo !

**Jean-Pierre METTETAL**  
DIREN Franche-Comté