



Avenue de Buffon B.P 6339 Orléans Cedex 02
Tél. : 02.38.51.73.73 Fax. : 02.38.51.74.74
Site web : <http://www.eau-loire-bretagne.fr>

**REALISATION DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE
DE LA NAPPE DES CALCAIRES DE BEAUCE DU
VAL DE LOIRE ET DE SOLOGNE EN PERIODE
DE HAUTES EAUX - MARS 2004**



SCIENCES ET TECHNIQUES GEOLOGIQUES

Atlanpôle, 1 rue de la Noë B.P. 82128
44321 Nantes Cedex 03
tél. : 02.40.14.33.71 Fax : 02.40.14.33.72
mail : nantes@calligee.fr

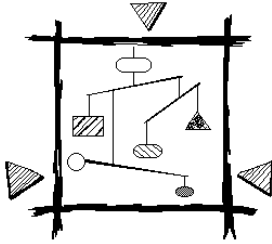


TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
LISTE DES FIGURES	3
INTRODUCTION	4
1 - Présentation du système aquifère des calcaires de Beauce sous les formations de recouvrement de Sologne	7
1.1 - Définition de la zone d'étude	7
1.2 - Contexte géographique et hydrographique	7
1.3 - Contexte géologique régional	8
1.4 - Contexte hydrogéologique - La Sologne : système aquifère multicouche	10
2 - Situation de hautes eaux du printemps 2004	11
3 - Méthodologie de la campagne piézométrique hautes eaux de mars 2004	13
3.1 - Préparation.....	13
3.2 - Campagne de mesures sur le terrain.....	14
3.3 - Traitement et exploitation des données	15
4 - Piézométrie générale de la nappe de Beauce sous les formations de Sologne.	16
4.1 - Présentation	16
4.2 - Commentaires	16
CONCLUSION	21
BIBLIOGRAPHIE	22
FIGURES	23
ANNEXES	27

LISTE DES FIGURES

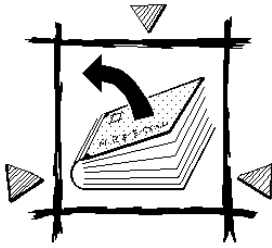
Figure n°1 : Localisation et contexte hydrographique de la zone d'étude
(plan hors texte)

Figure n°2 : Localisation et usages des ouvrages sélectionnés
(plan hors texte)

Figure n°3 : Suivi du niveau de la nappe de Beauce sur la station de Crouy-sur-Cosson depuis 1994 (page 12)

Figure n°4 : Données statistiques mensuelles sur la station de Crouy-sur-Cosson depuis 1994 (page 12)

Figure n°5 : Nappe des calcaires de Beauce sous les formations de Sologne - Piézométrie en hautes eaux - mars 2004 (plan hors texte)



INTRODUCTION

La nappe des calcaires de Beauce sous la Sologne est classée dans le SDAGE « Nappe réservée en priorité pour l'alimentation en eau potable » ; elle bénéficie en effet d'une protection géologique efficace par les sables et argiles du Burdigalien ainsi que d'une occupation des sols plutôt favorable qui lui confèrent une certaine garantie de la qualité de l'eau qu'elle contient. Son exploitation s'est intensifiée depuis 1980 pour l'irrigation et certains usages industriels ; de gros volumes sont notamment extraits pour l'irrigation des terrains de golf.

En accompagnement du réseau piézométrique déjà en place, il est important de réaliser un état piézométrique qui s'appuie sur une mesure de niveau d'eau dans un plus grand nombre d'ouvrages répartis de façon homogène sur l'ensemble du réservoir des calcaires de Beauce.

Une carte piézométrique a déjà été réalisée en janvier et février 1969 alors que la nappe était peu exploitée ; une actualisation en mars 2004 permet d'examiner l'évolution de la situation avec un nombre de points de mesures bien plus important et de préciser les caractéristiques principales des écoulements de cette nappe.

C'est dans cet objectif que l'Agence de l'eau Loire Bretagne a demandé à la société CALLIGEE d'intervenir.

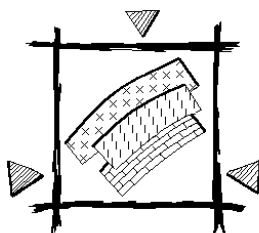
Notre bureau d'étude était chargé de sélectionner un grand nombre de points (500) le plus représentatifs possibles, de mesurer le niveau statique de l'eau dans ces derniers à partir d'un repère clairement identifiable, de photographier le repère et l'ouvrage dans son environnement immédiat, et d'établir un état piézométrique général de la nappe en période de hautes eaux.

Le résultat de cette étude est remis à l'Agence de l'eau Loire Bretagne sous forme :

- **d'une carte piézométrique de la nappe des calcaires de Beauce sous la Sologne au 1 /250 000**, sur support papier et numérique compatible au format Arcview et au format Mapinfo,
- **d'un fichier Excel comprenant des indications précises sur l'ouvrage mesuré** telles que le n°BSS, la commune d'implantation, le lieu dit, les coordonnées Lambert, profondeur, aquifère capté, altitude du repère en m NGF, altitude du toit de la nappe en m NGF, etc, ...,
- **d'un répertoire contenant les photos numériques des ouvrages et des repères**, réalisées lors de la campagne de terrain,
- **du rapport de synthèse de l'étude.**

Nous tenons à remercier en tout premier lieu :

- Mr **Pascal BILLAULT, Chef du projet à l'agence de l'eau**, pour ses directives pour mener à bien cette étude,
- les **DDAF du Cher, du Loiret et du Loir-et-Cher, et le BRGM**, pour l'ensemble des données qu'ils nous ont fourni,
- **tous les propriétaires** des forages ou des puits, dans lesquels les mesures de niveau d'eau ont été réalisées.



1.- PRESENTATION DU SYSTEME AQUIFERE DES CALCAIRES DE BEAUCE SOUS LES FORMATIONS DE RECOUVREMENT DE SOLOGNE

1.1- Définition de la zone d'étude

Les limites choisies pour réaliser la piézométrie de l'aquifère de Beauce sous les formations de Sologne ont été définies par l'agence de l'eau Loire-Bretagne. Elles peuvent être apparentées soit à des cours d'eau, soit à des limites d'extension des formations géologiques.

La zone d'étude est délimitée :

- du sud-ouest au sud-est, par la limite d'extension des formations tertiaires (transition méso-cénozoïque), d'après la carte géologique de la France au 1/1 000 000, éditée par le BRGM en 1996, pour sa partie sud,
- de l'ouest à l'est, par la Loire, pour sa partie nord.

Au cours de l'étude, la zone d'investigation s'est élargie au Nord de la Loire sur une bande d'environ 15 km grâce à une campagne piézométrique complémentaire réalisée par la DIREN de la Région Centre entre le 09 et le 11 mars 2004.

Le domaine d'étude s'étend sur environ 5500 km² (données calculées) et intéresse trois départements : le Cher (18), le Loir et Cher (41) et le Loiret (45).

1.2- Contexte géographique et hydrographique

Située au cœur de la France, la Sologne peut être caractérisée comme une vaste plaine où le relief varie très peu. L'altitude varie entre 80 m sur les bords de Loire et 135 m sur le piémont des plateaux calcaires du Berry et du Sancerrois, et des plateaux argileux de Touraine.

Le réseau hydrographique (figure n°1) y est très développé par comparaison à celui des plateaux de Beauce et du Gâtinais, au nord de la Loire. Des rivières comme le Cosson, le Beuvron, la Sauldre, et le Dhuy traversent de part et d'autre l'ensemble de la zone d'étude et terminent leur course soit dans le lit de la Loire soit dans celui du Cher. L'ensemble des cours d'eau sur la zone d'étude représente environ 4500 km cumulés de chevelu hydrographique. Plus de 2000 lacs et étangs sont également présents sur l'ensemble du secteur d'étude, en particulier dans sa partie centrale.

Sur le périmètre d'étude, on peut distinguer trois secteurs différents :

- Au Nord, le Val d'Orléans, vaste plaine à une centaine de mètres d'altitude où la pratique de l'irrigation pour l'agriculture céréalière et maraîchère y est très importante. Le réseau hydrographique est peu marqué hormis la présence du Dhuy, petite rivière prenant sa source sur les bords de Loire et rejoignant une résurgence karstique constituant la source du « Source du Loiret » au sud d'Orléans. Le Dhuy alimente à partir de ce point le débit du Loiret, qui se jette ensuite dans la Loire.
- Au centre, existe un plateau où le relief varie entre 110 et 130 m d'altitude. Il s'abaisse progressivement vers l'Ouest jusqu'à 80 m NGF. Il est pour l'essentiel occupé par un couvert forestier important (forêt de Chambord, de Cheverny, de la Motte Beuvron,...) et parfois par des pâturages pour l'élevage de bovins. Le Cosson, le Beuvron et leurs affluents ont creusé leurs lits et rejoignent la Loire au sud de Blois. Les étangs, les lacs et les zones humides sont également très présents, en particulier sur les communes de Saint-Viâtre et de Marcilly-en-Gault.
- Au Sud-Est, le secteur est un peu plus vallonné. L'altitude oscille entre 100 et 125 m NGF. Le réseau hydrographique est caractérisé par le Conon, la Croisne et la Bièvre, et par la présence d'une ligne de partage des eaux entre le Cher et la Loire. Ce secteur est couvert pour l'essentiel par des forêts, de nombreux lacs, mais aussi par des cultures agricoles.

1.3- Contexte géologique régional

1.3.1- Histoire géologique

L'histoire géologique de la zone étudiée correspond à celle de la partie sud du bassin du Paris, et est décrite sommairement ci-dessous.

Sur un socle cristallin paléozoïque, sont venues se déposer les différentes unités géologiques du Trias jusqu'à la fin du Mésozoïque sans lacune significative. Les envahissements marins successifs abandonneront des épaisseurs de sédiments, pouvant aller jusqu'à 1500 m.

Ensuite, à une époque indéterminée, se situant probablement à la fin du Secondaire et au début du Tertiaire, les dépôts calcaro-siliceux affleurants du Turonien et de la base du Sénonien, subissent une érosion importante se traduisant par une décalcification puis par une silification intense. De ce processus d'altération résultent les argiles à silex dont la puissance atteint localement plus de 40 m.

Une sédimentation d'origine continentale apparaît au Tertiaire. Elle débute dans la région par des dépôts argilo-sableux recouvrant uniformément le substrat secondaire plus ou moins silicifié. Puis, à ces dépôts succèdent une sédimentation détritique grossière à silex à l'Eocène.

Parallèlement, se développe une activité tectonique intense qui fait apparaître de nouveaux accidents et fait rejouer de plus anciens. Elle augmente la subsidence dans le compartiment situé à l'Ouest de la faille de Sennely, et, conjuguée aux effets relatifs d'accidents de moindre importance, permet la submersion des fosses par le lac de Beauce qui envahit le centre du bassin de Paris. A l'Aquitainien, la sédimentation lacustre du groupe de Beauce,

comble les cuvettes baucerannes et solognotes. Cette sédimentation aux aspects variés est bien connue du Stampien au Burdigalien au Nord de la Loire. En revanche, son extension méridionale reste mal connue en rive gauche de la Loire où elle est masquée par des dépôts plus récents.

Au Burdigalien, les sables et marnes de l'Orléanais et du Blésois assurent la transition entre la sédimentation lacustre de Beauce et les épisodes détritiques postérieurs. Les sables et argiles de Sologne comblent jusqu'au Langhien la cuvette solognote, qui atteint alors son plus fort comblement. Cette formation vient se superposer à celle citée précédemment. Ces deux unités constituent les formations détritiques de l'Orléanais et de Sologne. (*Par simplification dans ce rapport, elles seront identifiées et nommées « formations de Sologne »*).

Au Quaternaire, se développe un régime fluvial affectant et remodelant les formations affleurantes, et permettant le dépôt des sables et argiles du Bourbonnais. Ensuite, ces formations subissent à leur tour des épisodes périglaciaires localisés.

1.3.2- Lithostratigraphie et structurale

Dans le cadre de cette étude concernant l'aquifère des calcaires de Beauce sous les formations de Sologne, seules les lithologies des étages géologiques antérieurs et postérieurs seront décrit :

- Craie du Turonien-Sénonien : cette unité géologique se présente sous forme de craie tuffeuse blanchâtre, à fraction sableuse variable, glauconieuse ou non.
- Argiles à silex : issues de la décalcification et ensuite de la silicification des formations antérieures, cette formation s'identifie ordinairement comme une argile de couleur grise à rouge brique, à silex entier, où s'insère localement des masses d'argiles blanches.
- Les Calcaires de Beauce se présentent sous forme de calcaires fins, blanc beige à grisâtre, parfois silicifiés. Parfois, leur faciès se transforme sous forme de marnes blanches verdâtres, plus ou moins argileuses. Malgré les nombreuses et différentes esquisses disponibles dans la bibliographie concernant leur limite d'extension, la géométrie de leur bassin de sédimentation reste localement encore mal connue. Leur épaisseur varie entre 50 et 75 m sur l'ensemble de la zone étudiée mais peut atteindre par endroit 135 m comme par exemple dans la fosse de la Ferté-Saint-Aubin, ou seulement d'une dizaine de mètres dans le secteur de Pontlevoy.
- Les sables et argiles des formations de Sologne peuvent être identifiés comme une formation sablo-argileuse, de couleur gris vert à beige clair et de granulométrie très hétérogène (fins à grossiers) selon les endroits où elle a été observée. L'hétérogénéité de son faciès sur l'ensemble de la zone d'étude rend sa description lithologique difficile.

1.4- Contexte hydrogéologique - La Sologne : système aquifère multicouche

Les connaissances actuelles montrent que la disposition des systèmes aquifères sur l'ensemble de la zone étudiée est de type multicouche. On peut y distinguer :

La nappe dans les alluvions modernes de la Loire : Val d'Orléans

Les eaux de cet aquifère circulent dans les graviers et les sables de la Loire et appartiennent à une nappe semi-captive dont la mise en pression est assurée par le recouvrement des sables argileux et des limons supérieurs. Les débits spécifiques varient entre 10 et 25 m³/h par m de rabattements. A l'aval de Tigy cette nappe est en relation directe avec la nappe des calcaires de Beauce.

La nappe dans les formations de Sologne

Les sables grossiers intercalés dans des horizons d'argiles plastiques, constituent des réservoirs aquifères superposés. Les nappes qu'ils renferment sont soit du type libre et temporaire en surface, soit du type captif en profondeur. Les eaux sont peu minéralisées (cependant parfois ferrugineuses) et les valeurs de pH (5 à 6) traduisent une acidité marquée. Les débits spécifiques varient entre 1 à 3 m³/h/m.

Cette nappe contribue naturellement à l'alimentation des cours d'eau de Sologne.

La nappe des calcaires de Beauce sous les formations de Sologne

Hormis dans sa bordure sud ouest, cette nappe est captive et localement jaillissante. Ce réservoir calcaire karstique très capacitif et d'une grande productivité est un aquifère très sollicité pour l'irrigation. Les débits spécifiques sont très élevés, de l'ordre de 15 à 50 m³/h/m.

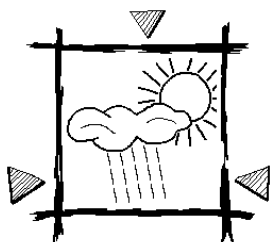
Son exploitation s'est intensifiée depuis les vingt dernières années pour l'irrigation et certains usages industriels, en particulier dans le val d'Orléans où le nombre de forages déclarés avoisine les 850. Classée « nappe réservée en priorité à l'alimentation en eau potable » par le SDAGE, la nappe des calcaires de Beauce bénéficie d'une protection naturelle des sables et argiles de Sologne et d'une occupation des sols (couverts forestiers) favorable à la préservation d'une eau de très bonne qualité.

Cependant, lors de la sélection des points de mesures, de nombreuses coupes techniques d'ouvrages ont montré la mise en relation des eaux de la nappe supérieure, sensible aux pollutions, avec celles de la nappe de Beauce, de bonne qualité. Le maintien de l'isolation naturelle inter-nappe n'a pas été restauré lors de la conception des ouvrages.

Dans ce contexte précis de nappe captive, les ouvrages mal conçus deviennent donc des vecteurs principaux de pollutions.

La nappe de la Craie du Séno-Turonien

Sur la partie méridionale de la zone d'étude, la craie semble trop marneuse pour y constituer un réservoir. La productivité des ouvrages captant le réservoir crayeux reste très faible, de l'ordre de 0,5 à 1,5 m³/h/m. Elle reste tout de même exploitée localement par quelques ouvrages à usage domestique, et parfois à l'alimentation en eau potable.



2.- SITUATION DE HAUTES EAUX DU PRINTEMPS 2004

L'évolution du niveau de la nappe de Beauce est suivie quotidiennement grâce au réseau piézométrique mis en place dans la région Centre et géré par le BRGM et la DIREN. Les données de 5 ouvrages de référence sur la zone d'étude ont permis de constater que la campagne de mesures de mars 2004 a été réalisée lors d'une période de hautes eaux d'une année moyenne, voir légèrement déficitaire (*déficit estimé à une vingtaine de cm par rapport aux valeurs moyennes mensuelles depuis octobre 1994*).

En effet, suite à la sécheresse exceptionnelle de l'été 2003, la variation saisonnière du niveau de la nappe a été nettement plus importante cette année que les années précédentes. Les dernières observations d'une amplitude de cet ordre remontent aux années déficitaires de 1996 et 1998.

Du fait d'une recharge très satisfaisante lors du cycle 2003-2004, l'apport d'eau hivernal semble bien compenser le déficit de l'été précédent. Le niveau de la nappe reste malgré tout légèrement inférieur aux moyennes mensuelles des années précédentes.

La campagne de mesure de mars 2004 a été réalisée lors d'une période de hautes eaux d'une année moyenne, voir légèrement déficitaire.

Les données du piézomètre de Crouy-sur-Cosson ont été choisies afin d'illustrer ces propos. Les données des 4 autres piézomètres de référence captant la nappe de Beauce sous la Sologne ont été consultées et leurs analyses montrent un comportement de la nappe identique à celui de Crouy-sur-Cosson de lors du cycle hydrologique 2003-2004.

Les figures n°3 et n°4 montrent les variations du niveau d'eau entre novembre 1994 et mars 2004 sur la station de suivi piézométrique de Crouy-sur-Cosson, ainsi que les données statistiques mensuelles moyennes des 12 derniers mois.

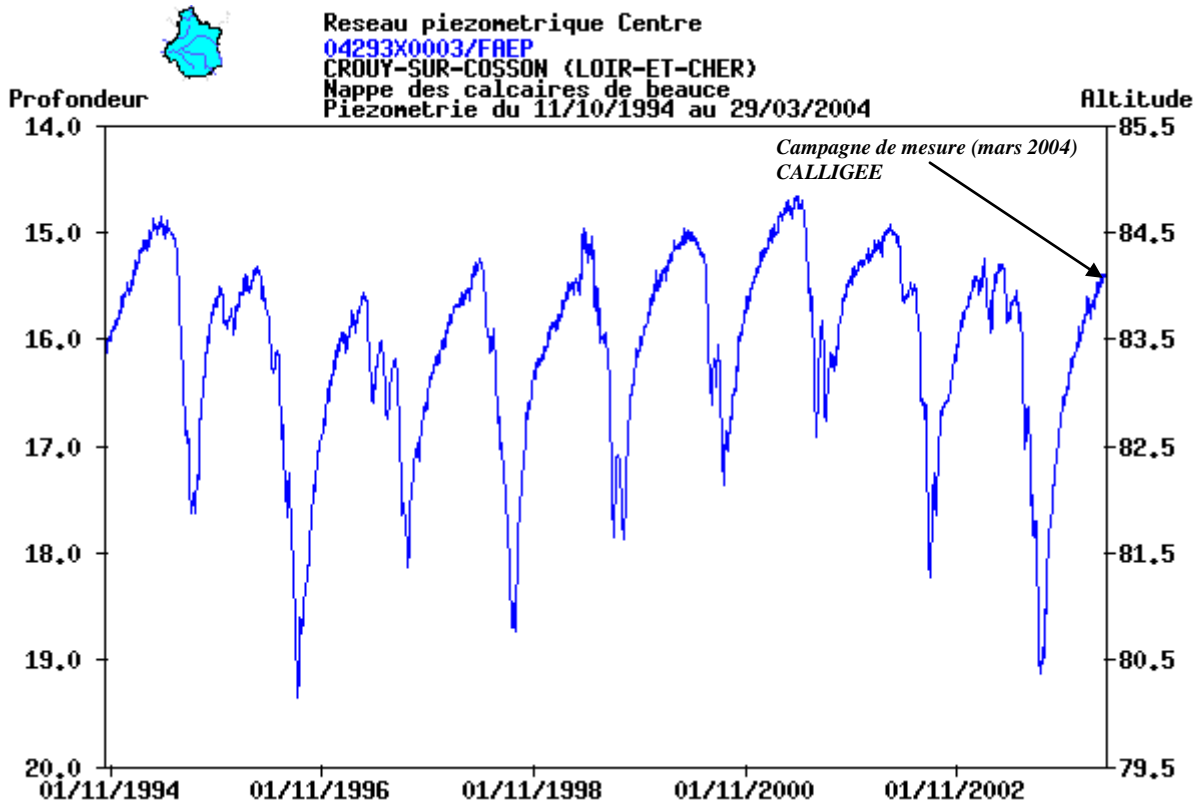


Figure n°3 : Suivi du niveau de la nappe de Beauce sur la station de Crouy-sur-Cosson depuis 1994

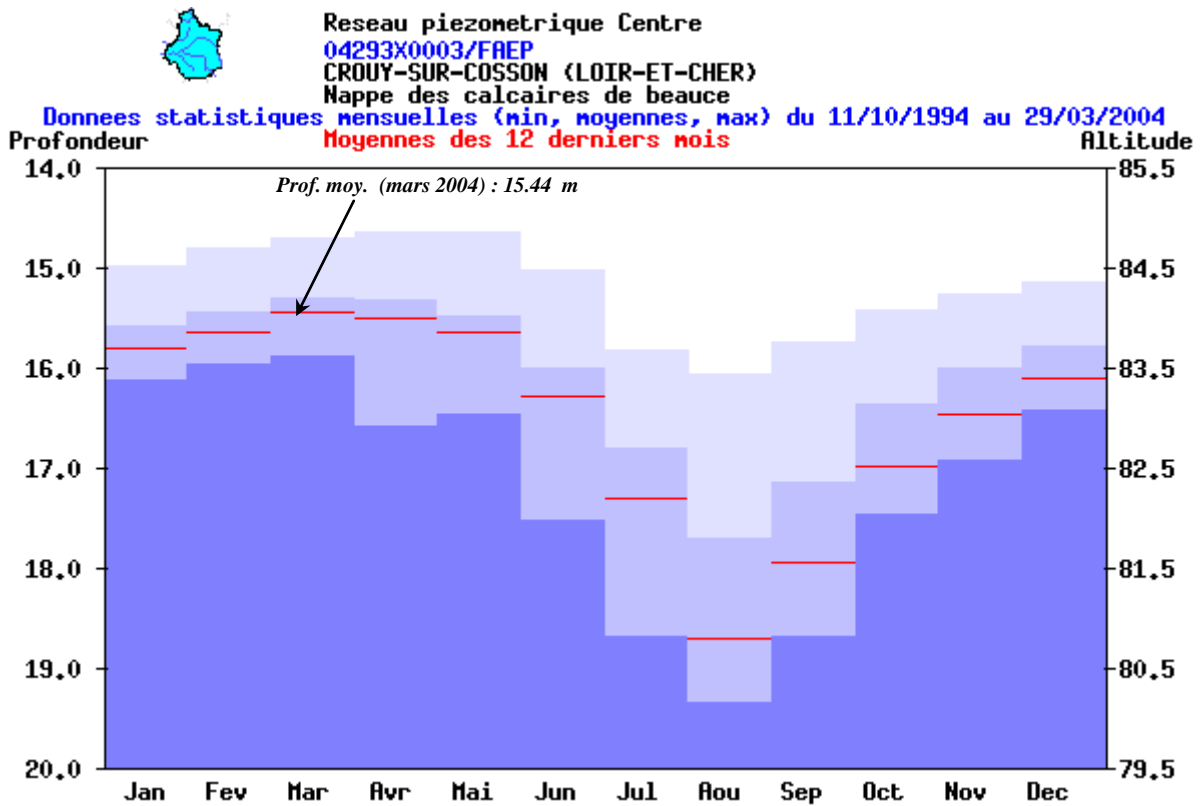
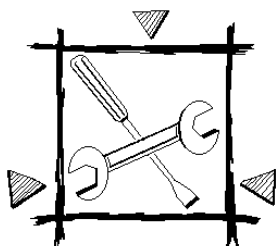


Figure n°4 : Données statistiques mensuelles sur la station de Crouy-sur-Cosson depuis 1994



3- METHODOLOGIE DE LA CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE HAUTES EAUX DE MARS 2004

La réalisation de la piézométrie de la nappe de Beauce sous la Sologne s'est déroulée en trois étapes :

- La préparation de la campagne de mesures avec notamment la délimitation de l'aquifère et la sélection des ouvrages à mesurer,
- Les mesures sur le terrain,
- La validation, l'exploitation des données et la cartographie des résultats.

3.1 Préparation

La sélection des points de mesures s'est appuyée **sur** une récupération de données de diverses sources. L'agence de l'eau Loire-Bretagne, les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) du Cher, du Loir-et-Cher et du Loiret, ainsi que les données de la Banque du Sous-Sol (BSS), ont permis d'identifier et de sélectionner des ouvrages captant l'aquifère des calcaires de Beauce sous les formations de Sologne.

Le travail de sélection des points s'est également appuyé sur une cartographie de l'extension des calcaires du groupe de Beauce réalisée par F.Ménillet en 1984 et adapté par R.Fleury, disponible sur le manuel de la carte géologique n°461 de « Salbris ».

Cependant, l'échelle de cette carte n'était pas assez précise pour une meilleure sélection des points de mesures. L'extension des calcaires de Beauce a donc été redessinée de manière plus fine. Chaque coupe technique et/ou géologique des ouvrages sélectionnés a été consultée soit par le biais d'Internet (Infoterre) ou lors de la consultation des données de la BSS (Banque du Sous-Sol) à Orléans. Ce travail important de collecte et de synthèse des données a également permis de mieux comprendre la géométrie du système aquifère de Beauce sous les formations de Sologne.

Les points de mesures ont été sélectionnés en fonction de différents critères :

- L'aquifère capté :

Seuls les ouvrages captant exclusivement la nappe des calcaires de Beauce ont été retenus. Les forages n'isolant pas la nappe des calcaires de Beauce des nappes supérieures ont été écartés à chaque fois que la coupe technique permettait de l'établir avec certitude. Quelques ouvrages complémentaires captant la nappe du Séno-Turonien ont été retenus pour comparer les potentiels entre les deux et leurs relations éventuelles.

- La localisation spatiale,

En vue d'une répartition homogène des points de mesures sur l'ensemble de la zone d'étude, la localisation spatiale a été un critère important de sélection des ouvrages à visiter.

- La facilité d'obtention de l'accord des propriétaires,

Il a été choisi préférentiellement les ouvrages situés à proximité des lieux-dits avec des bâtiments proches, dans l'objectif d'obtenir plus aisément l'autorisation des propriétaires et une meilleure accessibilité à la mesure.

- L'accessibilité à la mesure,

Certaines sources de données mentionnaient l'accessibilité ou non à la mesure. Les ouvrages déclarés inaccessibles n'ont donc pas été retenus.

- L'usage,

Il a été sélectionné préférentiellement les ouvrages servant à l'irrigation et aux usages agricoles. Ces forages étant au repos depuis l'été dernier, les niveaux d'eau mesurés dans ces ouvrages sont donc bien représentatifs du niveau statique de la nappe.

Lorsque des mesures ont été réalisées sur des ouvrages à usage AEP ou industriel, des arrêts de pompages de 10 h minimum avant la mesure ont été négociés. Cependant, il n'existait pas toujours le moyen de contrôler si le temps d'arrêt demandé a bien été effectivement effectué avant la mesure.

- La profondeur de l'ouvrage

Quand le choix était possible, l'ouvrage le plus profond était sélectionné, dans le souci d'une meilleure représentativité de la mesure.

<p>520 points de mesures ont été ainsi retenus pour établir la piézométrie de la nappe de Beauce sous les formations de Sologne. La sélection des ouvrages comprend 340 ouvrages à usage agricole, 116 à usage domestique, 38 non utilisés, 24 pour l'alimentation en eau potable des collectivités (AEP) et 2 à usage industriel.</p>

3.2. Campagne de mesures sur le terrain

Afin de faciliter les accès sur le terrain et informer la population, l'agence de l'eau a réalisé une campagne de presse et a adressé une lettre d'information à chaque maire des communes concernées.

La campagne de mesures s'est déroulée du 1^{er} au 19 mars 2004 inclus. Les mesures ont été réalisées sur une fenêtre de 3 semaines consécutives.

Dans le cadre de cette campagne, le bureau d'étude CALLIGEE était chargé de :

- de mesurer précisément (au centimètre près) le niveau piézométrique de la nappe, à partir d'un repère identifiable facilement, la hauteur du repère par

rapport au sol et enfin, les coordonnées GPS exactes dans le référentiel géographique Lambert II,

- de matérialiser et photographier le repère de mesure (n°BSS_b.jpg), et l'ouvrage dans son environnement (n°BSS_a.jpg),

Lors de la campagne de terrain, 391 niveaux d'eau ont pu être mesurés sur 520 ouvrages visités, soit 3 ouvrages sur 4 (75 %).

Sur les 129 qui n'ont pas été mesurés, les raisons principales étaient :

- 52 étaient inaccessibles à la mesure, (40 %)
- 39 étaient situés dans des propriétés privées où les propriétaires étaient absents et/ou non joignables, (30 %)
- 22 non pas été retrouvés sur le terrain ou ont été rebouchés, (17 %)
- 16 accès nous ont été refusés, (12 %)

Aux 391 niveaux d'eau mesurés ont été ajoutés 5 mesures issues du réseau piézométrique de la région Centre et 32 d'une campagne piézométrique réalisée par la DIREN du 09 au 11 mars 2004, sur une bande d'environ 15 km au Nord de la Loire.

Au total, 428 points de mesure ont pu être exploités pour établir une cartographie de la nappe de Beauce du val de Loire et de Sologne.

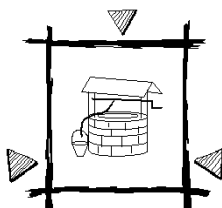
3.3 Traitement et exploitation des données

Les mesures ont fait l'objet d'un traitement permettant l'élimination de données jugées aberrantes par comparaison avec les autres mesures environnantes. Plusieurs raisons peuvent expliquer ces valeurs erronées :

- Une erreur dans la prise de la mesure du niveau d'eau,
- Une mesure du niveau d'eau représentative d'un ouvrage captant une nappe perchée ou isolée, à potentiel plus élevé que celui de la nappe des calcaires de Beauce.
- Un apport d'eau dans l'ouvrage, d'une nappe supérieure (communication entre plusieurs nappes)
- Une mesure d'un niveau dynamique, résiduel dû à un passage récent sur l'ouvrage
- Une erreur de nivellement du repère de mesure.

**Seulement, 34 mesures de niveaux d'eau n'ont pas été validées. Cela ne représente que 8 % de l'ensemble des valeurs mesurés.
Au final, 395 mesures ont été retenues et exploitées pour la cartographie.**

L'ensemble des données collectées sur le terrain est disponible en annexe.



4.- PIEZOMETRIE GENERALE DE LA NAPPE DE BEAUCE SOUS LES FORMATIONS DE SOLOGNE.

4.1- Présentation

La carte piézométrique établie à partir des 395 points de mesures retenus permet d'avoir une vision d'ensemble de la nappe des calcaires de Beauce sous les formations de Sologne. Elle reproduit l'altitude et la morphologie du toit de la nappe et permet d'en déduire les sens d'écoulement, les crêtes piézométriques et les gradients hydrauliques.

Le tracé des courbes isopièzes a été réalisé sur un fond de carte à l'échelle 1/80 000 sur lequel étaient reportées les cotes NGF des niveaux d'eau mesurés dans les ouvrages. Chaque courbe a été interpolée **manuellement** et affinée afin de prendre en compte au mieux la topographie, le drainage des cours d'eau, la limite méridionale de l'extension de l'aquifère de Beauce et les connaissances acquises dans la bibliographie et sur le terrain.

L'équidistance retenue pour le tracé des courbes est de 5 m, mis à part dans les secteurs où les distances entre les isopièzes étaient trop importantes, l'écart a été réduit à 2,5 m. Les cotes des courbes isopièzes sont exprimées en mètres NGF.

Les principaux axes de drainage et les crêtes piézométriques ont également été tracés.

Le passage latéral calcaire/craie a pu être interprété dans la partie est de la zone d'étude. En revanche, dans le secteur sud et sud-ouest, le tracé n'a pas pu être réalisé de manière classique à cause du faible nombre de mesures et de points d'observation disponibles. Malgré tout, les conditions aux limites de la nappe dans ce secteur ont été largement étudiées grâce aux informations disponibles dans la bibliographie.

4.2- Commentaires

Les potentiels les plus élevés sont observés dans la partie est de la zone d'étude avec des valeurs de l'ordre de 109 m et sur la partie au nord-est d'Orléans, avec des potentiels allant jusqu'à 112 m.

Les potentiels les plus faibles sont observés à proximité de la ville de Blois où les niveaux mesurés sont de l'ordre de 69 m NGF.

La nappe est globalement drainée par la Loire, hormis dans le secteur sud où les eaux de la nappe s'écoulent vers le Cher. Des cours d'eau comme le Cosson et le Beuvron influencent également la piézométrie de la nappe et apparaissent comme des axes majeurs de drainage.

Les crêtes piézométriques et la limite d'extension de la nappe, qui sont tracées sur la carte, délimitent les frontières de quatre bassins versants hydrogéologiques indépendants.

Le bassin versant du val d'Orléans et les régions de Chaumont sur Tharonne et de Contres présentent de faibles gradients hydrauliques traduisant ainsi une forte perméabilité du réservoir.

4.2.1- Val d'Orléans

Dans le bassin le plus au nord, le sens des écoulements de la nappe converge vers le val d'Orléans, en direction du nord, nord-ouest, vers la Loire, avec des gradients hydrauliques de l'ordre de 1 pour 1000. Les potentiels les plus élevés se situent à proximité de la limite d'extension méridionale des calcaires de Beauce, avec des cotes avoisinant les 109 m d'altitude.

Le drainage de la nappe par la Loire est bien marqué à l'ouest d'Orléans, contrairement à l'est où les isopièzes montrent une alimentation de la nappe par le fleuve. Il existe en effet des zones de pertes de la Loire dans les regards karstiques sous-jacents, du côté de Saint-Denis-de-l'Hotel et Sigloy. Ces zones d'alimentation de la nappe par les eaux de la Loire sont bien connues et identifiées. Christian ZUZINO (1979) et Jean-Louis CHERY (1983) ont mentionné et quantifié par traçage notamment ce phénomène dans leurs thèses à l'Université des Sciences Fondamentales et Appliquées à Orléans. L'influence des résurgences dont la plus connue est la source du Loiret est bien mise en évidence sur la cartographie par une excroissance piézométrique importante sur la courbe 90 m NGF.

Dans le secteur est de Beaugency, la nappe est localement jaillissante, en bordure de Loire. Les niveaux d'eau mesurés dépassent les 85 m NGF. Dans la bibliographie (manuel de la carte géologique « Beaugency » n°397), l'artésianisme est expliqué par la présence de marnes intercalées à l'intérieur du réservoir calcaire. Le niveau d'équilibre est annoncé 3 à 4 m au-dessus du sol en 1969 contre 2 à 2,5 m lors de la campagne de terrain 2004 en période de hautes eaux. Dans ce secteur, plusieurs ouvrages visités n'étaient dotés d'aucun dispositif d'obturation, pour éviter la vidange de la nappe tout au long de l'année. Des débits d'artésianisme de l'ordre d'une vingtaine de m³ par heure ont pu être ainsi estimés.

Un inventaire exhaustif de tous les ouvrages mal équipés est préconisé afin d'éviter par leur réhabilitation la perte inutile de millions de litres d'eau de bonne qualité par an. Les observations de terrain ont montré que des réhabilitations voir même la fermeture définitive de certains ouvrages non exploités sont à envisager.

Le dôme piézométrique, centré au nord-ouest de Jouy-le-Potier, résulte probablement de la conjugaison des effets du passage plus marneux du réservoir calcaire, évoqué ci-dessus et comme le montre l'ordre de grandeur élevé des gradients hydrauliques calculés (8 pour 100). En outre le nombre d'ouvrages d'exploitation plus réduit dans ce secteur est à comparer à l'intensité des prélèvements dans le val d'Orléans qui peut concourir à déprimer la nappe.

4.2.2- Bassin du Cosson

Le bassin du Cosson est bordé par deux crêtes piézométriques ; l'une au Nord allant de l'ouest de Viglain à Nouan-sur-Loire en passant par Vannes-sur-Cosson, la Ferté Saint Aubin et Jouy le Potier et la seconde de Viglain à Blois en passant par Chaumont-sur-Tharonne.

A l'intérieur dans ce bassin, le sens des écoulements de la nappe est orienté vers l'ouest, en direction de la Loire, qui joue le rôle d'axe de drainage majeur. Les gradients hydrauliques sont relativement faibles sur la partie ouest du bassin avec des ordres de grandeurs avoisinants les 0.5 à 1 pour 1000.

Les courbes isopièzes indiquent que le Cosson agit comme un axe de drainage important sur la nappe entre Chambord et la Ferté-Saint-Aubin. En aval hydraulique de Chambord, la nappe ne semble plus être influencée par l'action drainante du cours d'eau.

Il est important de souligner que dans le secteur est de la Ferté-Saint-Aubin, certains niveaux de la nappe ont été mesurés en dessous de 92.5 m NGF.

Le bassin a été délimité en amont par l'axe de l'anticlinal de Vannes sur Cosson repéré dans le rapport du BGRM (71 SGN 256 BDP), sur une carte structurale représentant le mur des calcaires de Beauce. Cette structure géologique influence certainement la morphologie de la nappe dans le secteur de Vannes-sur-Cosson et de Souvigny-en-Sologne. Elle délimite les bassins du Cosson, du val de Loire et du Beuvron.

La nappe est jaillissante dans le secteur de la forêt de Chambord où les pompages sont moins importants. Le niveau d'équilibre de la nappe au-dessus du sol est d'environ 2 à 2.5 m au-dessus du sol.

A l'Ouest de Nouan-sur-Loire, le niveau de la nappe dépasse les 85 m NGF et forme un léger dôme piézométrique. Les pertes de l'Ardoux alimentant localement la nappe à cet endroit pourrait expliquer la présence de ce dôme piézométrique.

4.2.3- Bassin du Beuvron

Le bassin du Beuvron est bordé par deux crêtes piézométriques : l'une allant de Viglain à Blois en passant par Chaumont-sur-Tharonne et la seconde allant de Millancay à Pontlevoy en passant par Contres et Mur-de-Sologne.

Le Beuvron et un de ses affluents, en particulier la Bonneure, jouent le rôle d'axe drainant sur la nappe des calcaires de Beauce en amont de Tour de Sologne. En aval, les écoulements de la nappe convergent vers le secteur de Blois. Les isopièzes se resserrent et montrent des gradients hydrauliques de l'ordre de 2 à 3 pour 1000. Les potentiels mesurés lors de la campagne aux abords de l'agglomération sont faibles et descendent en dessous des 70 m NGF. La pression importante des prélèvements sur la nappe, due aux pratiques agricoles et maraîchères dans ce secteur, se distingue nettement sur la piézométrie de la nappe. Cependant, le niveau de la nappe dans ce secteur reste majoritairement contrôlé par l'action drainante du fleuve, vers lequel les écoulements souterrains tendraient à converger.

Les gradients hydrauliques sont relativement faibles sur la partie amont du bassin avec des ordres de grandeurs avoisinant les 0.5 à 1 pour 1000. Le drainage du Beuvron est bien marqué sur la morphologie du toit de la nappe en amont de la Motte-Beuvron, en raison du synclinal de Senely. Ce dernier agit comme une gouttière, où les écoulement de la nappe convergent.

Le bassin du Cosson est limité au Nord par l'axe de l'anticlinal de Vannes-sur-Cosson.

4.2.4- Bassin méridional

Dans le bassin le plus au sud, les eaux de la nappe des calcaires de Beauce ne sont plus drainées par la Loire mais par le Cher. Les écoulements sont orientés essentiellement vers le sud, avec des gradients relativement élevés de l'ordre de 2 à 3 pour 1000. Ils suivent un axe de drainage important correspondant au bassin versant de la Croisne.

Les potentiels les plus élevés se situent au sud de Pontlevoy, de Oisly et Soings-en-Sologne avec des cotes supérieures à 95 m NGF et les plus faibles dans le secteur de Selles-sur-Cher avec des cotes avoisinant les 75 m NGF.

4.2.5- Partie Nord de la Loire

Au nord de la Loire, la nappe est fortement drainée par le fleuve à partir de l'Orléanais ; à l'amont, ce phénomène est moins marqué et l'on constate même un écoulement vers le val au sud de la Loire. Des traçages réalisés au nord de la Loire confirment ces relations directes entre le nord et le sud du fleuve. Dans le secteur de Beaugency, les courbes isopièzes traduisent une perméabilité plus faible de l'aquifère, qui corrobore parfaitement les observations effectuées de l'autre côté du fleuve.

4.2.6- Conditions aux limites

Les conditions aux limites ont été également étudiées dans le cadre de cette étude. La campagne de terrain n'a pas permis d'établir précisément la piézométrie de la transition entre les formations sénoniennes et tertiaires lacustres mais cependant, une petite recherche bibliographique a été réalisée en parallèle.

A l'est de la zone d'étude, le tracé piézométrique de la nappe dans les argiles à silex et la craie du sénonien montre un talus piézométrique, avec des gradients élevés (1 à 5 pour 100), qui caractérise une perméabilité médiocre de ces formations. Les potentiels hydrauliques élevés et le sens des écoulements dans ce secteur laissent à penser une **alimentation partielle de la nappe des Calcaires de Beauce par les eaux circulant dans les formations sénoniennes.**

Dans la partie sud-est de la zone d'étude, qui correspond à la partie terminale du système aquifère de Beauce sous la Sologne, le travail de délimitation de l'extension de la nappe a été rendu très difficile du fait que les calcaires de Beauce étaient peu épais, souvent marneux et susceptibles d'être dénoyés.

Le faible nombre de points qui a pu être mesuré dans la nappe de la craie et argile à silex lors de la campagne de terrain 2004, ne permet pas de déterminer de manière fiable les conditions aux limites de la nappe dans ce secteur.

D'après la notice de la carte géologique de « Salbris » n°461, l'esquisse piézométrique semble montrer que les formations d'argiles à silex du Sénonien se comportent comme **une limite étanche dans le secteur de Salbris. Aucune alimentation de la nappe de Beauce ne serait à supposer dans cette région.** Cependant, le peu d'informations recueillies lors de la campagne de terrain ne permet pas de valider cette hypothèse. Pour le tracé sur la carte, la morphologie de la nappe dessinée par l'esquisse piézométrique de la feuille de Salbris a été conservée et adaptée aux valeurs mesurées en mars 2004. Dans ce secteur,

cette nappe semble être drainée par la Sauldre avec des gradients de moins en moins importants en direction de Romorantin-Lanthenay.

Dans la partie sud-ouest, les formations lacustres de Beauce sont localement affleurantes ou sub-affleurantes et correspondent à des zones préférentielles d'alimentation de la nappe. Le dôme piézométrique situé à l'est de Contres témoigne vraisemblablement d'une zone d'alimentation de la nappe par des formations plus récentes des faluns du Blésois (Vindobonien) et/ou par la zone d'affleurement située à proximité.

4.2.7- Evolution de la piézométrie

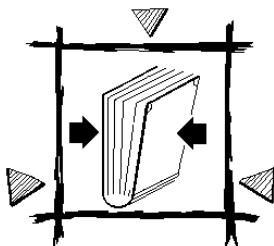
Une carte piézométrique a été établie par le BRGM lors des hautes eaux de janvier et février 1969.

A cette époque l'exploitation principale de cette ressource était peu développée et consacrée pour l'essentiel à l'alimentation en eau potable.

Par manque de forages existants, la carte établie alors s'appuie sur beaucoup moins de points de mesures que celle de 2004 ; néanmoins de très fortes similitudes peuvent être soulignées :

- l'écoulement général sud-est / nord-ouest vers la Loire
- les axes de drainage représentés par la Loire, le Cosson, le Beuvron et le Cher
- les quatre bassins versants correspondant à ces axes de drainage
- la forte perméabilité du val d'Orléans et du secteur de Chaumont sur Tharonne

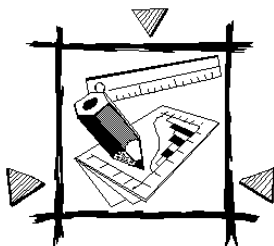
On constate toutefois un abaissement de quelques mètres de la piézométrie dans le bassin versant du val d'Orléans et la région de Contres, deux secteurs où la nappe est particulièrement exploitée.



CONCLUSION

La réalisation de la carte piézométrique de la nappe des calcaires de Beauce dans le val de Loire et sous les formations de Sologne en période de hautes eaux en mars 2004 a permis de confirmer et de préciser de nombreuses informations sur la morphologie, les sens d'écoulements et les gradients hydrauliques sur l'ensemble de la zone d'étude :

- La morphologie de la nappe sur l'ensemble de la zone d'étude est relativement plane, et faiblement inclinée vers l'ouest nord-ouest, où les eaux s'écoulent en direction de la Loire.
- La zone d'étude peut se diviser en quatre bassins hydrogéologiques différents dont trois (Val d'Orléans, Cosson et Beuvron) drainés par la Loire et le bassin méridional par le Cher. La piézométrie dans le val d'Orléans est marquée par l'influence de la source du Loiret, résurgence karstique bien connue.
- L'alimentation de la nappe se fait exclusivement par le Sud et l'Est de la zone d'étude soit par les zones d'affleurements au Sud Ouest, soit par la nappe des argiles à silex et de la craie à l'Est Sud-Est ou encore par des pertes dans la Loire au niveau de regards karstiques au Nord-Est.
- La nappe est localement jaillissante notamment dans le secteur est de Beaugency et de Chambord où des ouvrages sont parfois dépourvus de dispositifs d'obturation ; cela provoque la vidange continue de la nappe et la perte inutile de grands volumes d'eau.
- La comparaison avec la carte réalisée en hautes eaux de 1969 montre que l'allure générale a peu changé ; néanmoins quelques secteurs comme l'Orléanais ou la région de Contres au sud-ouest ont vu le niveau de la nappe s'abaisser de plusieurs mètres ; ce phénomène est vraisemblablement lié à l'intensification des prélèvements. Toutefois le réseau piézométrique actuellement en place permet de suivre en continu l'évolution du niveau de la nappe et d'apprécier tout risque de déséquilibre qui pourrait survenir.



BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'eau Loire Bretagne - (1997) - Description de la BD CarThAgE Loire Bretagne
- BRGM - Notice et carte géologique au 1/50 000 de Beaugency (n°397), de la Ferté-Saint-Aubin (n°398), Chateaufort-sur-Loire (n°399) de Blois (n°428), d'Argent-sur-Sauldre (n°431), de Monrichard (n°459), de Aubigny-sur-Nère (n°462), de Salbris (n°461) et de Selles-sur-Cher (n°490).
- BRGM - Notice et carte géologique au 1/80000 d'Orléans (n°95), de Blois (n°108), de Gien (n°109)
- BRGM - (1995) - Piézométrie du système aquifère de Beauce basses eaux 1994
- BRGM Claude MEGNIEN - (1979) Hydrogéologie du Centre du bassin de Paris
- BRGM & DIREN - (1998) - Réseau piézométrique de la région Centre 1997
- DIREN Centre - (2003) -Nappe de Beauce Piézométrie hautes eaux 2002
- Thèse Université d'Orléans - Christian ZUZINO - (1979) - Contribution à l'étude hydrogéologique du val d'Orléans.
- Thèse Université d'Orléans - Jean-Louis CHERY - (1983) - Etude hydrochimique d'un aquifère karstique alimenté par perte de cours d'eau (la Loire) : le système des calcaires des Beauce sous le val d'Orléans.
- Thèse Université d'Orléans - Ruven GONZALEZ - (1992) - Etude de l'organisation et évaluation entre la Loire moyenne et l'aquifère des calcaires de Beauce.

FIGURES

ANNEXES