



ATLAS HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONAL DE HAUTE-NORMANDIE

NOTICE D'UTILISATION Piézométrie moyenne de la nappe de la craie

Description de la carte et mode de réalisation :

La piézométrie de moyennes eaux non influencées a été établie à partir des données piézométriques du printemps 2001 (conditions de très hautes eaux) et des données d'automne 2006 (conditions de basses eaux).

Les cartes piézométriques de l'aquifère crayeux en 2001 et en 2006 ont été réalisées par krigeage à l'aide du logiciel GDM© du BRGM (le krigeage est une méthode d'interpolation issue de la géostatistique). Une grille a été calculée en faisant la moyenne des grilles de 2001 et de 2006, puis cette grille a été représentée en isopièzes.

Il est recommandé de se référer au rapport public (rapport BRGM/RP-59301-FR, de février 2011) explicitant les conditions d'établissement de la carte piézométrique.

Clés de lecture :

Les courbes isopièzes (cotes du niveau piézométrique en m NGF) sont tracées à intervalle de 10 mètres.

Sur la carte piézométrique (format 152 x 174 cm), on retrouve également les tracés : du réseau hydrographique, du fond géologique à 1/1 000 000, des traçages, des sources, des bêtoires recensés dans l'inventaire régional 2010...

Incertitudes et limites d'usage :

L'interpolation a été effectuée à l'échelle régionale et la carte est présentée à l'échelle du 1 / 100 000. Les principales incertitudes liées aux résultats sont :

- l'incertitude liée au Modèle Numérique de Terrain de l'IGN (au minimum +/- 5 m) ;
- l'incertitude liée à l'exploitation de données piézométriques d'origines variées : campagne de mesures sur le terrain, réseaux piézométriques, données de la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM, sources, rivières, points issus de corrélations entre 2001 et 2006 ;
- l'incertitude liée à la faible densité locale des données piézométriques (information fournie sur la carte par les incertitudes d'interpolation : écart-type de krigeage) : absence de données particulièrement marquée à l'Est du département de l'Eure ;

- l'incertitude liée à une maille de calcul de 200 m et à une cartographie finale au pas de 100 m.

En définitive, la carte piézométrique calculée doit être utilisée comme un document d'orientation, éventuellement un outil d'aide à la décision à l'échelle maximale du 1/100 000. Elle est inadaptée pour une interprétation à des échelles plus précises.

La carte n'a donc pas pour objectif de souligner d'éventuelles dépressions piézométriques induites par pompes (captages d'alimentation en eau potable et forages industriels) ni d'être utilisée comme seul élément de délimitation des bassins d'alimentation de captages.

Limites de responsabilité :

Le BRGM n'apporte aucune garantie quant à l'exactitude et au caractère exhaustif des informations délivrées. La carte n'est que le reflet de l'état des connaissances disponibles au moment de son élaboration, de telle sorte que la responsabilité du BRGM ne saurait être engagée en cas où des investigations nouvelles amèneraient à revoir les résultats.

NB : les paragraphes exposés ci-après sont extraits de chapitres du rapport BRGM/RP-59301-FR, d'avril 2011. Ce rapport comporte des références bibliographiques.

Les conditions climatiques de Haute-Normandie :

Les précipitations moyennes interannuelles varient entre 574 et 1075 mm sur la région (source : Météo-France, moyenne 1971-2000, fichier AURELHY). Le secteur le plus arrosé est situé à l'Ouest de la Seine-Maritime sur le Pays de Caux vers Goderville et le secteur le moins arrosé est localisé au Sud-Est de l'Eure.

Les précipitations efficaces moyennes interannuelles suivent la même répartition géographique et évoluent entre 100 et 400 mm.

En général, la période de recharge des aquifères s'étend de novembre à mars et celle de la vidange d'avril à octobre.

Le contexte géologique :

La formation géologique concernée par la carte piézométrique est celle de la craie du Sénonien, Turonien et Cénomanien (du plus récent au plus ancien). La série stratigraphique appartient au système du Crétacé Supérieur et elle présente les trois faciès suivants : craie blanche riche en silex du Sénonien, craie marneuse pauvre en silex du Turonien, et craie du Cénomanien glauconieuse à la base puis blanche sur le reste de la formation.

Cette série, formée par une puissante assise crayeuse (> 100 mètres), repose sur les formations de l'Albien (Crétacé Inférieur : Sables verts, Argiles du Gault et Gaize affleurant dans le Pays de Bray).

Cette série crayeuse affleure très largement sur la région sauf au niveau de la boutonnière du Pays de Bray (Crétacé Inférieur et Jurassique Moyen).

Elle est recouverte par une formation résiduelle à Silex (Argiles à silex), produit de décalcification de la craie (altération lors de ses phases d'exondation), et par des sables Paléocène.

Les principaux accidents structuraux qui affectent le sous-sol crayeux sont : l'anticlinal de Bray, la faille de la Seine NW-SE (événement important et ancien à l'échelle du bassin de Paris), la faille de Lillebonne à Fécamp, l'anticlinal de Bourgtheroulde et son compartiment

axial effondré, et la faille de Pont-Authou à Cormeilles. Les assises du Vexin sont affectées par de nombreuses ondulations anticlinales et synclinale qui se prolongent vers le Nord-Ouest et provoquent une certaine fissuration du milieu.

Ces accidents tectoniques sont orientés selon la direction Armoricaine (NNW-SSE ou NW-SE). Les structures plissées témoignent du rejet de vieilles structures hercyniennes depuis la fin du Crétacé jusqu'au Quaternaire.

Le contexte hydrogéologique :

Description et caractéristiques de l'aquifère de la craie

Sur le plan hydrogéologique, la craie a une faible perméabilité intrinsèque. Elle ne contient de l'eau mobilisable que lorsqu'elle est fracturée, condition rencontrée le long des failles géologiques et sur les bombements anticlinaux, ou qu'elle est altérée sous les plaines alluviales des grands cours d'eau.

L'aquifère de la craie est caractérisé par l'existence d'une triple porosité (une porosité de matrice, de fracture et de conduits) telle que décrite ci-dessous :

- la porosité matricielle inter-granulaire a une fonction capacitive conséquente de 15 à 45% selon les horizons lithologiques et les auteurs ; cependant la porosité efficace reste faible ; les valeurs de conductivité hydraulique ou perméabilité sont de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-6} m/s. Ces valeurs conduisent à des vitesses de transport dans le milieu souterrain de l'ordre du mètre par an ;
- la porosité de fracture, selon l'importance de la fracturation et des processus de dissolution qui peuvent les affecter, conduit à des perméabilités de l'ordre de 10^{-4} m/s à 10^{-6} m/s soit des vitesses de transfert de l'ordre de quelques mètres par mois. Cette porosité est associée à la fonction de stockage temporaire dans les formations superficielles ; elle pourrait expliquer le retard de la recharge de l'aquifère comme l'atteste les variations piézométriques au cours d'un cycle hydrologique. Cette porosité peut ainsi jouer un rôle dans la fonction capacitive de l'aquifère, mais exerce surtout un rôle primordial dans la fonction transmissive de l'aquifère et dans l'organisation des gradients hydrauliques ;
- la porosité de conduits karstiques peut, localement (selon des connexions actives avec les bâtoires), assurer des vitesses de transfert (depuis un point d'infiltration préférentiel à l'exutoire du système karstique) pouvant atteindre et dépasser 100 m/h. Les perméabilités associées sont de l'ordre de 10^{-1} m/s à 10^{-3} m/s. La porosité de conduits n'a qu'un rôle transmissif dans les transferts rapides. Ce rôle reste en partie contrôlé par les gradients hydrauliques hérités de la porosité de fracture et le contexte structural régional ; son importance et les vitesses de transfert qui en découlent exercent aussi un rôle primordial sur la vulnérabilité des ressources exploitées.

Partout où affleure le Crétacé Supérieur, la nappe est libre, l'alimentation s'effectue par les pluies efficaces que n'arrêtent pas les recouvrements limoneux et la couverture d'argiles à silex, lacunaire le long de thalwegs et percée en de multiples lieux (bâtoires). La recharge de la nappe s'effectue donc en deux temps, presqu'immédiatement après les pluies en vallées et par le jeu des bâtoires, plusieurs semaines ou mois plus tard sous les plateaux. Cet étalement amortit les alternances de périodes sèches et humides et régularise le débit de la nappe.

Après avoir atteint la zone non saturée de la craie, les eaux s'écoulent vers les exutoires de la nappe. La vitesse d'écoulement est très variable selon la perméabilité du réservoir. Contrairement au karst qui se développe dans la craie non saturée, le karst noyé n'est pas facilement explorable. Son étude est faite sur la base d'expériences de traçages. Plusieurs expériences se sont révélées positives et elles sont reportées sur la carte à 1/100 000.

Après avoir convergé des plateaux vers les vallées sèches et humides, les eaux de la nappe de la craie alimentent la nappe alluviale et le cours d'eau qui la draine.

La surface piézométrique de la nappe de la craie épouse fortement la morphologie du sol qui, elle, dépend en partie de la répartition de la fissuration de la craie. Elle forme des dômes d'alimentation sous les plateaux où l'aquifère, peu fissuré, a une fonction capacitive, et des dépressions dans les zones fissurées drainantes à fonction transmissive (vallées humides et sèches, réseaux « karstiques »).

Les vallées qui entament les formations de surface constituent des axes de drainage de cette nappe, et la présence de nombreuses sources sur les flancs de ces vallées constituent les phénomènes visibles de cette drainance.

Les sources importantes sur le territoire régional (débit et répartition géographique) sont également l'indice de l'existence des réseaux karstiques. On peut citer les plus importantes : sources d'Yport ($1.5 \text{ m}^3/\text{s}$), de Bonneville sur Iton (1250 l/s), de Hondouville (1180 l/s)...

Les fluctuations de la nappe sont de plusieurs types : elles comportent des variations annuelles et interannuelles du fait de la fonction à la fois capacitive et conductrice de l'aquifère selon les secteurs.

Exploitation des eaux souterraines

Du point de vue ressource, la nappe de la craie est fortement sollicitée pour tous les usages (agriculture, eau potable...) car elle constitue souvent l'unique ressource économiquement exploitable.

La quasi-totalité des besoins en eau potable de la région est satisfaite à partir des eaux souterraines prélevées dans la nappe de la craie. Les autres aquifères exploités (ou ayant été exploités) sont les Sables de l'Albien et les formations du Tertiaire (sables et calcaires). Les alluvions de la vallée de la Seine sont quant à elles très utilisées par l'industrie.

Vulnérabilité des eaux souterraines

Là où la nappe de la craie est libre, les puits traditionnels sont nombreux et, de par leur conception, ils peuvent contribuer au transfert des eaux superficielles polluées vers la nappe. Plusieurs captages d'eau potable ont ainsi été abandonnés en raison de la mauvaise qualité de l'eau et de l'impossibilité de les protéger efficacement.

Le karst haut normand¹ génère en surface des effondrements naturels² qui constituent des points d'engouffrement des eaux superficielles vers la nappe phréatique de la craie, sans filtration naturelle par le sol. Le karst de la craie est à l'origine de la turbidité : la qualité des eaux souterraines en Haute-Normandie est soumise à de fortes contraintes liées aux phénomènes d'érosion des sols sur les plateaux ainsi qu'au système d'écoulement souterrain des eaux de pluie qui s'engouffrent dans ces pertes karstiques (bétoires), traversent la craie en partie dans des conduits naturels à écoulement rapide (karst) avant de ressortir aux exutoires ou dans les forages (notamment AEP). Les données de l'inventaire du karst de Haute-Normandie sont consultables sur le SIGES Seine Normandie (<http://sigessn.brgm.fr/>).

La vulnérabilité de la nappe de la craie est donc très variable d'un point à un autre de la région ; elle doit être définie localement par la prise en compte de l'ensemble des conditions naturelles favorables (recouvrement, nappe profonde, terrains de surface peu perméables, vitesse d'écoulement lente, lit de cours d'eau colmaté...) et défavorables (bétoires, puits de marnières, nappe subaffleurante, craie fissurée, pertes en cours d'eau...).

¹ le « karst de la craie » abrite des écoulements dans des fissures élargies au sein du calcaire, voire de véritables réseaux pénétrables par des spéléologues.

² différents par essence des effondrements de « marnières », d'origine anthropique.