

## Résumé

L'aquifère de la craie est un milieu hétérogène complexe lié à une large gamme de porosités (matrice, fractures et conduits karstiques), entraînant une forte hétérogénéité des processus et des vitesses de transfert (de  $10^{-8}$  m s<sup>-1</sup> à plusieurs mètres par jour). De plus, l'aquifère de la craie est recouvert par des formations superficielles (argiles à silex, loess et dépôts argilo-sableux) d'épaisseurs variables, dont l'influence sur les écoulements au sein de la ZNS est encore mal connue. Le but de cette thèse est d'étudier le fonctionnement hydrodynamique et géochimique des eaux souterraines libres de la craie, et en particulier le rôle de la ZNS et des formations superficielles. L'approche suivie a consisté à étudier la variabilité spatio-temporelle du niveau d'eau de la nappe, des débits de percolation et de la géochimie des eaux souterraines et à rechercher les facteurs de contrôle de cette variabilité en la croisant aux caractéristiques de la ZNS de la craie, des formations superficielles, de l'occupation des sols et du climat. Cette approche a été mise en place à deux échelles spatiales : à une échelle régionale au Nord-Ouest du Bassin de Paris, autour de l'anticlinal de Bray et à une échelle locale sur le site de la carrière souterraine de Saint-Martin-le-Nœud (site particulièrement intéressant de moins d'un km<sup>2</sup>, donnant accès aux eaux de la nappe et aux eaux provenant de la ZNS). Les chroniques de pluie efficace, de débit de percolation et de variation du niveau d'eau ont été analysées grâce à des méthodes de traitement du signal. La géochimie des eaux a été étudiée statistiquement et par l'utilisation de traceurs naturels (ions majeurs, conductivité électrique) ou anthropiques (pesticides). A Saint-Martin-le-Nœud, l'épaisseur et la nature de la ZNS et des formations superficielles ont été étudiées grâce à des méthodes géophysiques et par le creusement de trois fosses en surfaces de la cavité. Les résultats ont montrés pour les deux échelles spatiales (1) Une variabilité temporelle relativement faible : la réponse de la nappe et l'arrivée des eaux de percolation après une période de recharge sont lentes et tamponnées ; A l'échelle régionale, les variations temporelles de la géochimie sont faibles. A l'échelle locale, l'évolution de la conductivité électrique des eaux des lacs montre des variations temporelles de la minéralisation des eaux relativement lentes. Cependant, les concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> des eaux des lacs varient significativement. (2) Une variabilité spatiale très marquée : à l'échelle régionale, les variations piézométriques sont très différentes d'un forage à l'autre. De même, dans la cavité de Saint-Martin-le-Nœud, les variations du niveau des lacs et les flux de percolation diffèrent spatialement ; La géochimie des eaux présente également une forte hétérogénéité spatiale, que ce soit à l'échelle régionale ou locale. Des facteurs de contrôle ont pu être mis en évidence ; (i) ZNS de la craie : l'épaisseur de la ZNS contrôle les temps de transfert ; la multi-porosité est à l'origine de l'existence de différentes masses d'eaux caractérisées par des dynamiques temporelles, des volumes, et des géochimies différentes et circulant selon des processus distincts. (ii) Les formations superficielles : à l'échelle régionale, les formations superficielles ne semblent pas impacter la géochimie des eaux. A l'inverse, à l'échelle locale, l'enrichissement en Mg<sup>2+</sup> et K<sup>+</sup> a été relié à de plus fortes épaisseurs d'argiles à silex. L'enrichissement des eaux de la nappe en Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a été relié aux dépôts argilo-sableux du Tertiaire (présents à l'échelle régionale). (iii) L'occupation des sols : les pratiques agricoles entraînent des concentrations NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dépassant parfois les 100 mg L<sup>-1</sup> et la présence de pesticides. (iv) Le climat : l'alternance de périodes de recharge en automne/hiver et de périodes où la Peff est nulle au printemps et en été est clairement visible sur les variations du niveau d'eau de la nappe et sur les variations temporelles des flux de percolation. La non-linéarité des relations entre la Peff annuelle et l'amplitude des variations de la nappe a été mise en évidence.