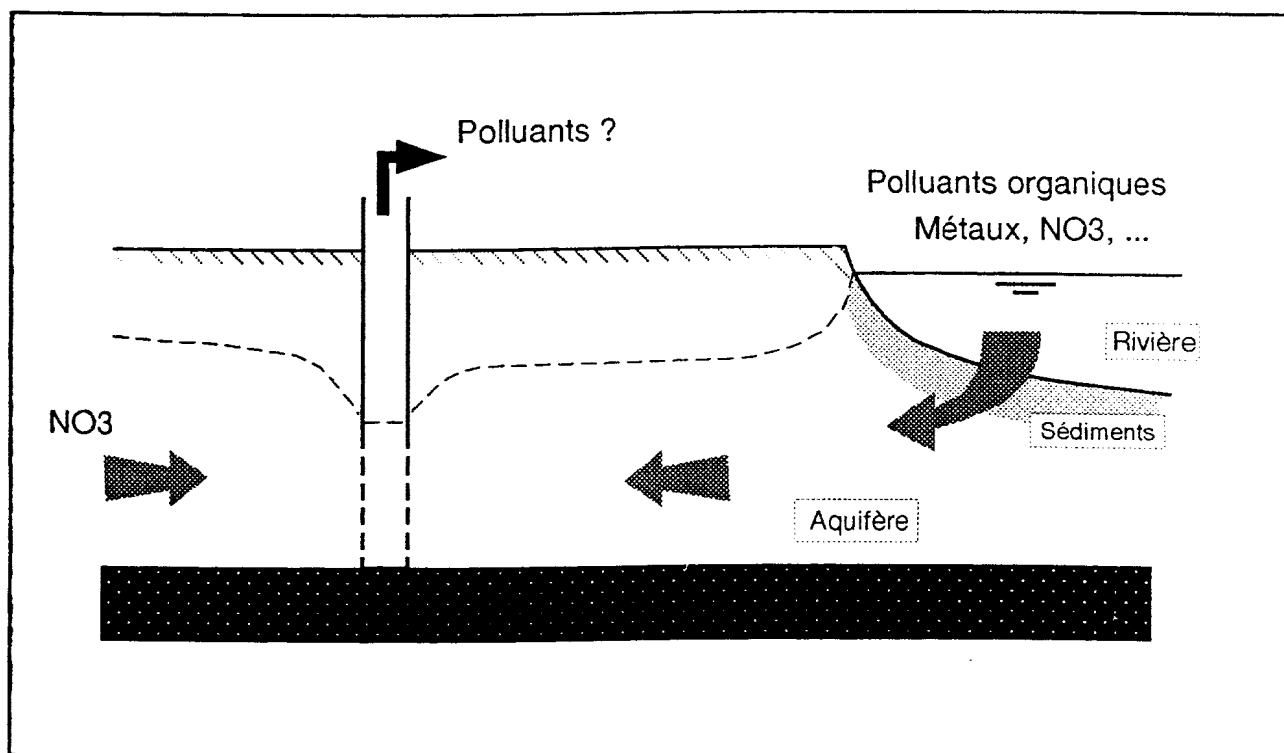


Claude DOUSSAN

TRANSFERTS RIVIERE- NAPPE ET EFFET FILTRE DES BERGES.

APPLICATION AUX TRANSFERTS DE L'AZOTE



SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION : DEFINITIONS ET PROBLEMATIQUE | 1 |
| PREMIERE PARTIE : LE COMPLEXE RIVIERE-NAPPE : UN SYSTEME EPURATEUR ? | 4 |
| I - Importance qualitative et quantitative de la ressource en eau des nappes alluviales connectées à un cours d'eau | 5 |
| II - La filtration par les berges : quelques cas d'études in situ relevés dans la bibliographie | 5 |
| III - Processus impliqués de la filtration par les berges | 22 |
| III.1 - Processus physiques | 22 |
| III.1.1 - Hydraulique | 22 |
| III.1.2 - Le transport des solutés | 26 |
| III.2 - Phénomènes physico-chimiques affectant le transport des solutés . | 28 |
| III.2.1 - Réactions chimiques homogènes en phase aqueuse | 28 |
| III.2.2 - Les échanges liquide-solide | 29 |
| <i>III.2.2.1 - Les composés minéraux</i> | 29 |
| <i>III.2.2.2 - Les composés organiques</i> | 31 |
| III.3 - Processus liés à l'activité biologique | 32 |
| III.3.1 - Microorganismes et aquifères | 33 |
| III.3.2 Les processus biologiques et leurs conséquences sur le transfert rivière-nappe | 35 |
| III.3.3 - Le cas de l'azote | 37 |
| III.4 - Le problème du colmatage | 40 |
| III.5 - Modélisation des phénomènes | 41 |
| En résumé et conclusion | 43 |
| DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE ET ETUDE HYDRAULIQUE DU SYSTEME RIVIERE-NAPPE | 45 |
| I - Présentation du site d'étude et des moyens utilisés | 46 |
| I.1 Le champ captant | 46 |
| I.2 Le site d'étude : l'île de Rangiport | 47 |
| I.2.1 Choix du site et objectifs | 47 |
| I.2.2 Instrumentation | 48 |
| I.2.3 Echantillonnage et procédures d'analyses utilisées au cours de l'étude . | 49 |
| I.2.4 Géologie - Lithologie | 51 |

| | |
|---|----|
| II - Caractérisation de l'hydrodynamique de l'île de Rangiport | 52 |
| II.1 Les niveaux piézométriques | 52 |
| II.1.1 Sur le champ captant | 52 |
| II.1.2 Sur l'île | 53 |
| II.2 Mesures in situ de vitesses d'écoulement | 56 |
| II.2.1 Mesures de vitesse verticale dans le forage A8 et le piézomètre ST19 | 57 |
| II.2.2 Mesure de vitesse d'écoulement dans l'aquifère | 57 |
| II.2.3 Mesures d'infiltration dans les sédiments de Seine | 60 |
| II.2.4 Tests de perméabilité | 61 |
| II.3 Transferts de chaleur et de masse dans l'aquifère | 61 |
| II.3.1 Mesures de température et de Chlorures | 61 |
| II.3.2 Expérience de tracage à la fluorescéine | 63 |
| II.3 Conclusion sur les mesures | 65 |
| III - Modélisation de l'hydrodynamique | 66 |
| III.1 Modélisation en plan vertical du transfert de chaleur | 66 |
| III.2 Modélisation du transfert de masse | 69 |
| En résumé et conclusion | 71 |

**TROISIEME PARTIE : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE
DES ECHANGES RIVIERE-NAPPE** 72

| | |
|---|-----|
| I - La Seine : terme source des échanges rivière-nappe | 73 |
| I.1 - Caractéristiques physico-chimiques | 73 |
| I.2 - Matières en suspension et sédimentation en Seine | 78 |
| I.3 - La Seine en résumé et ses apports potentiels à l'aquifère | 82 |
| II - L'aquifère : le champ lointain d'infiltration | 84 |
| II.1 - Caractérisation des sédiments de l'aquifère | 84 |
| II.2 - Faciès hydrochimique des eaux de la nappe | 86 |
| II.3 - Présentation de l'évolution spatiale des caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère | 87 |
| II.4 - Discussion : relations entre les paramètres physico-chimiques et conséquences du transfert rivière-nappe sur la qualité de l'eau dans l'aquifère | 94 |
| II.4.1 - Une vision globale des paramètres physico-chimiques. Analyse en composantes principales | 94 |
| II.4.2 - Equilibre des eaux de l'aquifère avec les phases solides | 95 |
| II.4.3 Une note sur la formation et la composition des eaux d'infiltration anciennes dans les alluvions | 106 |
| II.4.4 Le cas des piézomètres en bord de berge : un front de concentration dans l'aquifère | 109 |
| II.5 - Evolution temporelle des paramètres physico-chimiques dans l'aquifère | 118 |

| | |
|--|------------|
| II.5.1 - Composés présentant une évolution saisonnière | 118 |
| II.5.2 - Le cas des nitrates | 120 |
| II.5.3 - Le cas de l'ammonium et de l'azote organique | 125 |
| II.6 - D'une étude annuelle à l'analyse historique de l'évolution de l'azote minéral au forage A8 | 127 |
| En résumé et conclusion | 132 |
| III - Les sédiments du lit de Seine : le champ proche d'infiltration | 134 |
| III.1 - Caractéristiques physiques et microbiologiques | 134 |
| III.2 - Caractéristiques physico-chimiques | 135 |
| III.2.1 - pH et potentiel redox | 135 |
| III.2.2 - Carbone particulaire et azote Kjeldahl | 136 |
| III.2.3 - Calcium et magnésium dissous | 137 |
| III.2.4 - Les nutriments dans l'eau interstitielle des sédiments | 137 |
| III.2.5 - Fer et manganèse | 145 |
| III.2.6 - Le cas des sédiments du centre de la Seine | 145 |
| III.3 - Discussion : impacts et problèmes posés par les sédiments superficiels du lit de Seine sur les échanges rivière-nappe | 147 |
| En résumé et conclusion | 157 |
| QUATRIEME PARTIE : MODELISATION DES TRANSFERTS DE L'AZOTE DANS LE SYSTEME RIVIERE-NAPPE | 158 |
| I - Modèle conceptuel des transferts dans le système rivière-nappe | 159 |
| II - Mise en équation et résolution numérique | 162 |
| II.1 - Représentation de l'activité biologique | 162 |
| II.2 - Mise en équation | 164 |
| II.2.1 - Bases constitutives des équations du transport couplé | 164 |
| II.2.2 - Récapitulation du système d'équation du transport couplé par éléments | 167 |
| II.3 - Résolution numérique du système d'équations couplées | 171 |
| II.3.1 - Découplage des équations (time splitting) | 171 |
| II.3.2 - Résolution de la partie transport et conditions aux limites | 171 |
| II.3.3 - Résolution de la partie flux biochimique | 174 |
| III - Test du modèle : simulation d'expériences en colonne | 175 |
| IV - Application du modèle au site d'Aubergenville | 179 |
| IV.1 - Evaluation des paramètres du modèle de transfert couplé | 179 |
| IV.2 - Résultats de simulation pour les sédiments du site d'Aubergenville | 184 |
| IV.3 - Etude de la sensibilité du modèle aux paramètres physiques et biologiques | 187 |
| IV.4 - Discussion : paramètres clefs dans le transfert de l'azote et l'effet filtre des berges | 191 |
| En résumé et conclusion | 194 |
| CONCLUSION GENERALE | 196 |
| BIBLIOGRAPHIE | 201 |