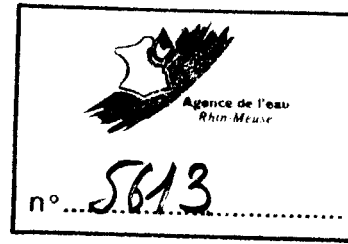


LE BASSIN DU RHIN

DAS RHEINGEBIET

Tome A - Textes

Teil A - Texte



Commission Internationale de l'Hydrologie du Bassin du Rhin
Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes

Préface

Cette publication est le fruit des travaux de la «Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin».

Le Rhin est un fleuve «international» et il existe déjà un certain nombre de commissions du Rhin, groupant des pays riverains, qui traitent divers problèmes relatifs à ses eaux.

La qualification de la nouvelle commission pourrait faire penser que l'hydrologie de ce fleuve a été négligée ou que les contacts dans ce domaine entre les pays riverains ont fait défaut.

Il n'en est rien. Grâce à de longues séries de données hydrologiques en de nombreuses stations sur le fleuve et ses affluents, le Rhin est un des fleuves dont le régime hydrologique est relativement bien connu. Il existe par ailleurs des systèmes de transmission de données et d'échanges d'informations entre les pays riverains qui fonctionnent depuis longtemps pour la navigation, la protection contre les crues, l'approvisionnement en eau, l'utilisation de l'eau pour la production d'énergie hydro-électrique et la lutte contre la pollution.

Ce qui manquait jusqu'à présent, c'était la synthèse des travaux effectués et l'analyse scientifique du phénomène de l'écoulement et de la genèse des débits. Un tel travail de synthèse commence nécessairement par un inventaire à l'échelle de l'ensemble du bassin des données, études, analyses, etc... déjà disponibles et par un essai de présentation uniforme des données. Ceci est précisément le but de la présente monographie, qui a été réalisée grâce au concours des principaux pays riverains: la Suisse, l'Autriche, la République fédérale d'Allemagne, la France et les Pays-Bas.

Enfin, on peut dire que les travaux et les recommandations de la Décennie hydrologique internationale ont certainement favorisé la création de la «Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin».

Vorwort

Diese Veröffentlichung ist eine Arbeit der »Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes«.

Der Rhein ist ein »internationaler« Fluß; es gibt bereits eine Reihe von Rheinkommissionen der Anliegerstaaten, die sich mit verschiedenen Aspekten des Wassers befassen.

Die Bezeichnung der neuen Kommission könnte den Gedanken aufkommen lassen, daß die Hydrologie dieses Flusses bisher vernachlässigt worden sei oder daß es auf diesem Gebiet an Kontakten zwischen den Anliegerstaaten gefehlt habe.

Dies trifft nicht zu. Dank umfangreicher hydrologischer Daten an zahlreichen Kontrollstationen am Rhein und an seinen Zuflüssen ist der Rhein einer der Flüsse, dessen hydrologische Eigenschaften relativ gut bekannt sind. Im Interesse der Schifffahrt, des Hochwasserschutzes, der Wasserversorgung, der Nutzung der Wasserkräfte und der Bekämpfung der Verunreinigung des Rheinwassers gibt es zwischen den Anliegerstaaten Systeme der Datenübermittlung und des Informationsaustausches, die seit langem funktionieren.

Was bisher fehlte, waren eine Synthese der bisher ausgeführten Arbeiten und die wissenschaftliche Analyse der Wasserführung. Eine solche Synthese beginnt zwangsläufig mit einer Inventarisierung der im gesamten Einzugsgebiet bereits verfügbaren Daten, Studien und Analysen und dem Versuch, die Daten einheitlich darzustellen. Und genau das bezweckt die hier vorliegende Monographie, die in Zusammenarbeit der Rhein-anliegerstaaten Schweiz, Österreich, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich und der Niederlande entstanden ist.

Abschließend kann festgestellt werden, daß die Gründung der »Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes« durch die Arbeiten und die Empfehlungen des Internationalen Hydrologischen Dezenniums begünstigt worden ist.

Table des matières

| | | Page |
|------------|--|------|
| TOME A | (TEXTES) | |
| A.1 | Origine et historique de la Commission | 1 |
| A.2 | Géographie et géologie | 7 |
| A.2.1 | Introduction | 7 |
| A.2.2 | Description morphologique du bassin | 11 |
| A.2.3 | Géologie et hydrogéologie | 16 |
| A.2.3.1 | La région alpine | 16 |
| A.2.3.2 | Les molasses des contreforts des Alpes occidentales | 17 |
| A.2.3.3 | Le Jura plissé et le Jura tabulaire | 18 |
| A.2.3.4 | Le fossé du Rhin supérieur | 18 |
| A.2.3.5 | Le socle cristallin | 19 |
| A.2.3.6 | La région des plateaux mésozoïques | 19 |
| A.2.3.7 | Le Massif schisteux rhénan | 21 |
| A.2.3.8 | La dépression de Hesse, le Vogelsberg et la Rhön | 22 |
| A.2.3.9 | Le bassin crétacé de Münster | 23 |
| A.2.3.10 | Le bassin sédimentaire du Rhin inférieur (Niederrheinische Bucht) et la région néerlandaise du delta | 24 |
| A.2.4 | Sols | 26 |
| A.2.5 | Utilisation des sols | 26 |
| A.2.6 | Population | 28 |
| Annexe A.2 | Description de la carte des sols | 30 |
| fig. A.2.1 | Régions géographiques du bassin du Rhin | 8 |
| fig. A.2.2 | Coupe hydrogéologique schématique des Pays-Bas occidentaux | 25 |
| tab. A.2.1 | Bassins partiels du Rhin | 10 |
| A.3 | Climat | 41 |
| A.3.1 | Circulation générale et types de temps | 41 |
| A.3.2 | Subdivisions climatiques régionales | 43 |
| A.3.2.1 | La plaine | 44 |
| A.3.2.2 | La région montagneuse centrale (Mittelgebirge) | 45 |
| A.3.2.3 | Les Préalpes et Alpes | 46 |
| A.3.3 | Examen de certains éléments climatiques | 49 |
| A.3.3.1 | Les précipitations | 49 |
| A.3.3.2 | L'évaporation | 53 |
| A.3.3.3 | La température de l'air | 54 |
| A.3.3.4 | Les vents | 55 |
| tab. A.3.1 | Altitude moyenne mensuelle (en m) de la limite de la couverture de neige dans les Alpes du nord | 48 |
| tab. A.3.2 | Pourcentage moyen annuel de neige par rapport aux précipitations totales | 51 |
| tab. A.3.3 | Pourcentage moyen mensuel de neige par rapport aux précipitations totales | 52 |
| tab. A.3.4 | Pourcentage moyen de jours avec chute de neige (par rapport au nombre de jours avec au moins 0,3 mm de précipitations) | 52 |
| tab. A.3.5 | Valeurs de l'évapotranspiration moyenne annuelle calculée | 53 |
| tab. A.3.6 | Pourcentage moyen mensuel de l'évapotranspiration | 54 |

| | Page |
|--------------------|---|
| A.4 | Hydrographie et hydrométrie 65 |
| A.4.1 | Historique résumé des travaux fluviaux dans le bassin du Rhin 65 |
| A.4.2 | Description du réseau hydrographique actuel du bassin du Rhin 70 |
| A.4.2.1 | Le bassin alpin en amont de Bâle 70 |
| A.4.2.1.1 | Le Rhin alpin 71 |
| A.4.2.1.2 | Le haut Rhin du lac de Constance à Bâle 73 |
| A.4.2.1.3 | Le bassin de l'Aar 74 |
| A.4.2.2 | Le bassin supérieur du Rhin de Bâle à Bingen 75 |
| A.4.2.2.1 | Le Rhin supérieur 75 |
| A.4.2.2.2 | Le Neckar 78 |
| A.4.2.2.3 | Le Main 79 |
| A.4.2.3 | Le bassin en aval de Bingen 79 |
| A.4.2.3.1 | Le Rhin moyen 81 |
| A.4.2.3.2 | La Lahn 82 |
| A.4.2.3.3 | La Moselle 82 |
| A.4.2.3.4 | Le Rhin inférieur en amont de Lobith 85 |
| A.4.2.3.5 | Le Rhin aux Pays-Bas 87 |
| A.4.3 | Détermination des débits aux stations hydrométriques 93 |
| A.4.3.1 | Les organigrammes de traitement des données 94 |
| A.4.3.2 | L'étalonnage des stations hydrométriques 96 |
| Annexe A.4 | Correspondances entre les systèmes de nivellement 98 |
| fig. A.4.1 | Travaux importants sur le haut Rhin et le Rhin supérieur depuis 1800 68 |
| fig. A.4.2 a . . . | Cartes de situation des noms cités dans les chapitres A.4 et A.5 72 . . . 88 |
| fig. A.4.3 | Situation des cours d'eau principaux aux Pays-Bas 90 |
| tab. A.4.1 | Répartition des stations limnimétriques en fonction de la date de mise en service 94 |
| tab. A.4.2 | Répartition des stations limnimétriques en fonction des superficies des bassins versants contrôlés 94 |
| A.5 | Régime hydrologique 107 |
| A.5.1 | Introduction 107 |
| A.5.2 | Régime général du Rhin et des principaux affluents 110 |
| A.5.2.1 | Le Rhin alpin 112 |
| A.5.2.2 | Le haut Rhin 113 |
| A.5.2.3 | Le Rhin supérieur 116 |
| A.5.2.4 | Le Rhin moyen 122 |
| A.5.2.5 | Le Rhin inférieur 126 |
| A.5.2.6 | Le Rhin aux Pays-Bas 127 |
| A.5.3 | Les crues 130 |
| A.5.3.1 | Les crues historiques exceptionnelles 130 |
| A.5.3.2 | Modification du régime des crues 134 |
| A.5.4 | Les étiages 138 |
| A.5.5 | Les glaces 143 |
| A.5.6 | L'érosion des fonds 147 |
| fig. A.5.1 | Débits moyens mensuels interannuels du Rhin, de la Moselle et de l'Aar (période 1951 . . . 1970) 111 |
| fig. A.5.2 | Profil hydrologique du Rhin (période 1951 . . . 1970) 112 |
| fig. A.5.3 | Crue d'août 1954 à l'amont et à l'aval du lac de Constance 114 |
| fig. A.5.4 | Profil hydrologique de l'Aar (période 1951 . . . 1970) 115 |
| fig. A.5.5 | Profil hydrologique du Neckar (période 1951 . . . 1970) 119 |
| fig. A.5.6 | Profil hydrologique du Main (période 1951 . . . 1970) 121 |
| fig. A.5.7 | Profil hydrologique de la Lahn (période 1951 . . . 1970) 122 |
| fig. A.5.8 | Profil hydrologique de la Moselle allemande (période 1951 . . . 1970) 125 |
| fig. A.5.9 | Moyennes mobiles sur 25 ans des débits maximums d'hiver 137 |
| fig. A.5.10 | Temps de propagation des maximums d'été entre Bâle et Marlen pour les crues d'au moins 3000 m ³ /s à Maxau 138 |
| fig. A.5.11 | Variations des durées moyennes de non-dépassement des étiages équivalents (1932) à Bâle et Kaub 141 |
| fig. A.5.12 | Débits d'étiage classés et étiages équivalents à quelques stations 142 |

| | Page |
|---------------|--|
| fig. A.5.13 | Développement des couches de glace pendant l'hiver 1942 145 |
| fig. A.5.14 | Variations des niveaux du Rhin correspondant aux débits moyens d'étiage entre Bâle et Worms 148 |
| fig. A.5.15 | Variations du niveau du Rhin à Lobith correspondant à l'étiage équivalent EE (984 m ³ /s) 151 |
| tab. A.5.1 | Modules spécifiques sur la période 1951 1970 123 |
| tab. A.5.2 | Les dix plus fortes crues à quelques stations 131 |
| tab. A.5.3 | Etiage exceptionnel de 1947 139 |
| tab. A.5.4 | Etiages équivalents 1932 et 1972 à quelques stations 140 |
| tab. A.5.5 | Abaissement du niveau d'étiage équivalent aux stations situées entre Maxau et Coblenz 149 |
| tab. A.5.6 | Abaissement du niveau moyen d'étiage entre Cologne et Emmerich 150 |
| A.6 | Exemples de périodes extrêmes 161 |
| A.6.1 | Considérations sur la crue de février et mars 1970 161 |
| A.6.1.1 | Conditions météorologiques 161 |
| A.6.1.2 | Caractéristiques hydrologiques 170 |
| A.6.1.2.1 | Généralités 170 |
| A.6.1.2.2 | Bilan hydrique 175 |
| A.6.1.2.3 | Propagation de la crue 186 |
| A.6.1.2.4 | Conclusion 190 |
| A.6.2 | Considérations sur les périodes de basses eaux de 1959 et 1964 191 |
| A.6.2.1 | Situations météorologiques 191 |
| A.6.2.2 | Caractéristiques hydrologiques 203 |
| A.6.2.2.1 | Généralités 203 |
| A.6.2.2.2 | Phénomène de persistance 207 |
| A.6.2.2.3 | Bilan hydrique 209 |
| Annexe A.6 | Notion de «Großwetterlage» 216 |
| fig. A.6.1 | Carte météorologique du 21 février 1970 à 0 h T.U. 164 |
| fig. A.6.2 | Carte météorologique du 22 février 1970 à 0 h T.U. 165 |
| fig. A.6.3 | Cartes météorologiques simplifiées du 8 au 25 février 1970 167, 168, 169 |
| fig. A.6.4 | Hydrogramme à Lobith de janvier mars 1970 171 |
| fig. A.6.5 | Courbe de fréquence du débit maximum annuel à Lobith (période 1911 1960) 172 |
| fig. A.6.6 | Hydrogramme à Lobith d'octobre 1969 novembre 1970 174 |
| fig. A.6.7 a | Débits du Rhin à Lobith 177 |
| b | Bilan hydrique du bassin du Rhin 177 |
| fig. A.6.8 | Hauteur de la couche de neige dans les Alpes suisses pendant l'hiver 1969 1970 180 |
| fig. A.6.9 a | Débits du Rhin à Bâle 181 |
| b | Bilan hydrique du bassin en amont de Bâle 181 |
| fig. A.6.10 a | Débits du Rhin en aval de Bâle 184 |
| b | Bilan hydrique du bassin en aval de Bâle 184 |
| fig. A.6.11 | Comparaison entre les débits des bassins en amont et en aval de Bâle 186 |
| fig. A.6.12 | Propagation de la crue de Bâle à Lobith 187 |
| fig. A.6.13 | La crue des affluents de janvier mars 1970 188 |
| fig. A.6.14 | Comparaison de la crue entre Andernach et Lobith 189 |
| fig. A.6.15 | Ecarts à la normale 1900 1939 de la pression atmosphérique, réduite au niveau de la mer, en janvier 1959 (en mbar) 195 |
| fig. A.6.16 | Ecarts à la normale 1900 1939 de la pression atmosphérique, réduite au niveau de la mer, en février 1959 (en mbar) 196 |
| fig. A.6.17 | Ecarts à la normale 1900 1939 de la pression atmosphérique, réduite au niveau de la mer, pour l'année 1959 (en mbar) 197 |
| fig. A.6.18 | Ecarts à la normale 1900 1939 de la pression atmosphérique, réduite au niveau de la mer, pour l'année 1964 (en mbar) 198 |
| fig. A.6.19 | Carte météorologique du 8 septembre 1959 à 12 h T.U. 199 |
| fig. A.6.20 | Ecarts à la moyenne 1949 1958 des altitudes moyennes de la surface de 500 mbar pour l'année 1959 (en décimètres géopotentiels) 200 |
| fig. A.6.21 | Ecarts à la moyenne 1949 1958 des altitudes moyennes de la surface de 500 mbar pour l'année 1964 (en décimètres géopotentiels) 200 |
| fig. A.6.22 | Hydrogrammes à Lobith pour les années 1958, 1959 et 1960 203 |
| fig. A.6.23 | Hydrogrammes à Lobith pour les années 1963, 1964 et 1965 204 |
| fig. A.6.24 | Courbe de fréquence au non-dépassement des minimums annuels des débits moyens de 30 jours consécutifs 206 |
| fig. A.6.25 | Classement des débits d'étiage les plus sévères pour différentes durées 209 |
| fig. A.6.26 a | Débits du Rhin à Lobith pour la période d'octobre 1958 décembre 1959 211 |
| b | Bilan hydrique du bassin du Rhin pour la période d'octobre 1958 décembre 1959 211 |

| | Page |
|---------------|---|
| fig. A.6.27 a | Débits du Rhin à Lobith pour la période d'octobre 1963 ... décembre 1964 212 |
| b | Bilan hydrique du bassin du Rhin pour la période d'octobre 1963 ... décembre 1964 212 |
| fig. A.6.28 | Comparaison entre les débits à Lobith et à Bâle 215 |
| fig. A.6.29 | Types de circulation 217 |
| tab. A.6.1 | Hauteurs de neige les 19 et 23 février 1970 163 |
| tab. A.6.2 | Nombre de postes pluviométriques avec des précipitations en 24 heures d'au moins 50 mm 164 |
| tab. A.6.3 | Hauteurs journalières de précipitations (mesurées à 7 heures) d'au moins 90 mm 165 |
| tab. A.6.4 | Comparaison à la normale des hauteurs de précipitations en février 1970 à quelques stations pluviométriques 171 |
| tab. A.6.5 | Comparaison à la moyenne 1911 ... 1960 des débits moyens mensuels de 1969-1970 à Lobith 175 |
| tab. A.6.6 | Equivalents en eau de la couche de neige pendant l'hiver 1969-1970 (en mm) 179 |
| tab. A.6.7 | Hauteurs journalières de précipitations à quelques stations pluviométriques dans les bassins des affluents 189 |
| tab. A.6.8 | Ecarts à la normale des hauteurs mensuelles de précipitations pendant la période 1958-1959 192 |
| tab. A.6.9 | Ecarts à la normale des hauteurs mensuelles de précipitations pendant la période 1963-1964 192 |
| tab. A.6.10 | Evapotranspiration potentielle et précipitations à De Bilt en 1959 193 |
| tab. A.6.11 | Nombre de jours avec types de circulation anticyclonique 199 |
| tab. A.6.12 | Températures moyennes mensuelles et annuelles de l'air en 1959 et 1964 202 |
| tab. A.6.13 | Comparaison à la moyenne 1911 ... 1960 des débits moyens mensuels de la période 1959-1960 204 |
| tab. A.6.14 | Comparaison à la moyenne 1911 ... 1960 des débits moyens mensuels de novembre 1963... janvier 1965 205 |
| tab. A.6.15 | Valeurs minimales des débits moyens à Lobith pour différentes durées 208 |
| tab. A.6.16 | Volumes et hauteurs de précipitations pour diverses périodes 210 |
| tab. A.6.17 | Volumes et lames écoulées pour diverses périodes 210 |
| A.7 | Modèles hydrologiques 219 |
| A.7.1 | Introduction 219 |
| A.7.2 | Classification 221 |
| A.7.3 | Modèles dans le bassin du Rhin 223 |
| A.7.3.1 | Généralités 223 |
| A.7.3.2 | Modèles de prévision 223 |
| A.7.3.3 | Autres modèles dans le bassin du Rhin 228 |
| A.7.4 | Considérations générales et conclusion 229 |
| fig. A.7.1 | Prévision Rheinfelden 224 |
| | Périodes de prévision et dates d'émission 224 |
| fig. A.7.2 | Prévision Rheinfelden 225 |
| | Rapport de l'écart-type s' de l'erreur de prévision à l'écart-type s de la grandeur à prévoir 225 |
| tab. A.7.1 | Renseignements complémentaires sur les modèles hydrologiques dans le bassin du Rhin 230 |
| A.8 | Résumé 235 |
| A.8.1 | Introduction 235 |
| A.8.2 | Géographie et géologie 236 |
| A.8.3 | Climat 237 |
| A.8.4 | Hydrographie et hydrométrie 239 |
| A.8.5 | Régime hydrologique 240 |
| A.8.6 | Exemples de périodes extrêmes 243 |
| A.8.7 | Modèles hydrologiques 245 |
| A.8.8 | Bibliographie 245 |
| A.8.9 | Remarque finale 245 |
| | Bibliographie 259 |
| | Indication des sources des photos 279 |

- B.1.1 Stations de mesure des précipitations (liste alphabétique)
- B.1.2 Caractéristiques des stations de mesure des précipitations
- B.2 Stations de calcul de l'évaporation
- B.3.1 Stations limnimétriques (liste alphabétique)
- B.3.2 Caractéristiques des stations limnimétriques
- B.4 Hauteurs des précipitations annuelles (mm) de 1931 . . . 1960 et coefficients de variation C_v
- B.5 Ecarts relatifs entre les moyennes des précipitations de 1951 . . . 1970 et 1931 . . . 1960 (%)
- B.6 Débits moyens des stations limnimétriques sur les périodes d'observation et de référence
- B.7 Débits caractéristiques aux stations limnimétriques principales (m^3/s)
- B.8.1 Crue de 1970: hauteurs des précipitations journalières (mm) (25 janvier . . . 28 février 1970) aux stations synoptiques
- B.8.2 Crue de 1970: débits journaliers de janvier . . . mars (m^3/s)
- B.9.1 Hauteurs des précipitations mensuelles (mm) des périodes de sécheresse de 1959 et 1964
- B.9.2 Débits journaliers (m^3/s) pendant les périodes de sécheresse de 1959 et 1964

| | |
|-------------------------|--|
| C.1 | Pays et fleuves principaux |
| C.2 | Altitudes |
| C.3 | Bassins versants des affluents |
| C.4.1 | Unités géologiques décrites par leurs principales caractéristiques (géomorphologie, lithologie, stratigraphie, tectonique) |
| C.4.2 | Légende de la carte des unités géologiques |
| C.5.1 | Hydrogéologie |
| C.5.2 | Légende de la carte hydrogéologique |
| C.6.1 | Pédologie |
| C.6.2 | Légende de la carte pédologique |
| C.7 | Utilisation des sols et agglomérations urbaines |
| C.8 | Stations de mesure des précipitations |
| C.9 | Stations de calcul de l'évaporation |
| C.10 | Stations limnimétriques |
| C.11 | Hauteurs moyennes annuelles des précipitations: période 1931 . . . 1960 |
| C.12.1 . . . C.12.12 | Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations: période 1931 . . . 1960 |
| C.13.1 . . . C.13.8 | Profils en long et croquis de situation des zones inondables |
| C.14.1 . . . C.14.5 | Profils en travers et courbes de tarage |
| C.15.1 . . . C.15.6 | Courbes des durées classées |
| C.16.1 . . . C.16.2 | Schémas de traitement des données hydrométriques |
| C.17.1 | Profil en long hydrologique du Rhin |
| C.17.2 | Profil en long hydrologique de la Moselle |
| C.18 | Débits de la période 1951 . . . 1970 |
| C.19.1 . . . C.19.12 | Précipitations de la crue du 14 . . . 25 février 1970 et stations synoptiques |
| C.20.1 | Précipitations de la crue du 14 . . . 25 février 1970 et stations synoptiques |
| C.20.2 | Crue de février 1970: hauteurs des précipitations journalières aux stations synoptiques |
| C.20.3 | Limnigrammes et hydrogrammes de la crue de janvier . . . mars 1970 |
| C.21.1 | Précipitations et débits de la période de sécheresse octobre 1958 . . . décembre 1959 |
| C.21.2 | Précipitations et débits de la période de sécheresse octobre 1963 . . . décembre 1964 |
| C.21.3 | Stations pluviométriques présentées dans les tableaux B.4 et B.9.1 |