

Sous la direction de **THIERRY MALVESY,**
JEAN-PIERRE TRIPET, JEAN-PAUL SCHAER

Histoire de la connaissance géologique du Jura franco-suisse

Auteurs :

Michel **CAMPY**, Pierre-Yves **JEANNIN**, Thierry **MALVESY**, Jacques **MUDRY**,
François **PASQUIER**, Jean-Paul **SCHAER**, Anna **SOMMARUGA**
Et Jean-Pierre **TRIPET**

Préambule

Thierry **MALVESY**

Avant-propos

Jean-Paul **SCHAER**

1 - Introduction générale : les grandes lignes de la géologie du Jura franco-suisse
Anna **SOMMARUGA**

2 - Géologie de la surface
Michel **CAMPY**

3 - Tectonique, structure et généralités
Jean-Paul **SCHAER** Et Thierry **MALVESY**

4 - Hydrogéologie et karst
Pierre-Yves **JEANNIN**, Jacques **MUDRY**, François **PASQUIER**, Jean-Paul **SCHAER**
Et Jean-Pierre **TRIPET**

MÉMOIRE TOME XIII, 2021

ÉDITIONS ALPHIL-PRESSES UNIVERSITAIRES SUISSES
SOCIÉTÉ NEUCHÂTELOISE DES SCIENCES NATURELLES
MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE NEUCHÂTEL

Table des matières

Résumé.....	11
<i>Geschichte der geologischen Erkenntnisse über den Jurabogen</i> Zusammenfassung.....	13
<i>History of the geological knowledge of the French-Swiss Jura</i> Summary	15
Table des matières.....	17
Thierry MALVESY Préambule sur la genèse, l'historique et l'évolution de l'ouvrage	29
Jean-Paul SCHAEER avec la contribution de Jacques MUDRY Avant-propos : aspects institutionnels.....	33
Anna SOMMARUGA 1^{re} partie : Introduction Les grandes lignes actuelles de la géologie du Jura franco-suisse	37
Chapitre 1 Situation géographique et géologique.....	41
Chapitre 2 Stratigraphie.....	43
Chapitre 3 Unités structurales.....	45
3. 1. Unités autochtones.....	45
3. 2. Unités allochtones.....	46
Chapitre 4 Formation du Jura.....	49
Chapitre 5 Morphologie jurassienne.....	51
Conclusion.....	55

Michel CAMPY

2^e partie

Géologie de la surface	57
Introduction	59
Chapitre 1 La géomorphologie : le relief jurassien	61
Chapitre 2 Le problème des surfaces d'érosion	65
2. 1. Les précurseurs de la notion de surface d'érosion.....	65
2. 2. La présence de surfaces d'érosion est réaffirmée par Georges Chabot (1890-1975).....	65
2. 3. Les critiques de la théorie des surfaces d'érosion.....	67
2. 4. Les survivances tardives de la théorie des surfaces d'érosion.....	68
Chapitre 3 Les glaciations quaternaires dans le Jura	73
3. 1. Le problème des blocs erratiques allochtones, d'origine alpine.....	73
3. 2. L'hypothèse de l'origine alpine des glaciers jurassiens.....	73
3. 3. L'hypothèse des glaciers d'origine locale.....	75
3. 3. 1. La dernière glaciation dite « Würm » : le Front morainique interne (FMI).....	75
3. 3. 2. L'avant-dernière glaciation dite « Riss » : le Front morainique externe (FME).....	78
Chapitre 4 Formes et phénomènes du karst superficiel (épikarst)	81
4. 1. Les formes de l'épikarst.....	81
4. 2. Le fonctionnement de l'épikarst.....	81
4. 3. Le rôle de l'épikarst dans l'évolution morphologique du Jura.....	83

Jean-Paul SCHAER & Thierry MALVESY
avec des contributions de Anna SOMMARUGA, Michel CAMPY, Jon MOSAR,
Jacques MUDRY, François PASQUIER & Jean-Pierre TRIPET

3^e partie

Tectonique, structure et généralités	85
Chapitre 1 Les Pionniers (avant 1840)	87
1. 1. Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799).....	87
1. 2. Qualité des cartes topographiques disponibles.....	89
1. 3. Jean-André de Luc, ou Deluc (1727-1817) dans le Jura.....	97
1. 4. Léopold von Buch (1774-1853) à Neuchâtel.....	98

Chapitre 2 Plis de soulèvement vs théorie des refoulements	101
2. 1. Jules Thurmann (1804-1855) : les plis de soulèvement.....	101
2. 2. La réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Porrentruy en 1838.....	106
2. 3. Critiques des plis de soulèvement lors de la réunion extraordinaire à Porrentruy.....	107
2. 4. De nouveaux arguments pour les plis de soulèvement.....	109
2. 5. Essai de synthèse et questions pour le futur.....	111
Chapitre 3 Les premières études locales	117
3. 1. L'école neuchâteloise : Louis Agassiz (1807-1873) et ses successeurs.....	117
3. 2. Dans le Jura bâlois.....	122
3. 3. Dans le Jura franc-comtois : Alexandre Vézian (1821-1903).....	125
Chapitre 4 Premiers tunnels ferroviaires et cartes géologiques	129
4. 1. Percement des premiers grands tunnels dans le Jura.....	129
4. 1. 1. <i>Une belle réussite géologique : les tunnels des Loges et du Mont Sagne (Jura neuchâtelois) en 1860</i>	130
4. 1. 2. <i>Incertitudes structurales et hydrologiques : premier tunnel du Hauenstein</i>	130
4. 1. 3. <i>Meilleures appréciations des structures : tunnel du Bözberg</i>	132
4. 1. 4. <i>Tunnels de Glovelier et de La Croix</i>	133
4. 2. Premières cartes de la Commission géologique suisse.....	135
4. 2. 1. <i>Les précurseurs</i>	135
4. 2. 2. <i>Les contributions d'Albrecht Müller, de Casimir Mösch et de Jean-Baptiste Greppin</i>	136
4. 2. 3. <i>Une vue d'ensemble du Jura géologique selon Auguste Jaccard</i>	138
4. 2. 4. <i>Les débuts d'une cartographie moderne</i>	139
Chapitre 5 Les grandes réunions géologiques de la fin du XIX^e siècle	141
5. 1. Réunion extraordinaire de la Société géologique de France dans le Jura en 1885.....	141
5. 1. 1. <i>Programme de la réunion</i>	141
5. 1. 2. <i>Les plis en éventail</i>	142
5. 2. Congrès géologique international de Zürich de 1894 et ses conséquences.....	144
5. 2. 1. <i>Le rôle important de Friedrich Mühlberg</i>	145
5. 2. 2. <i>Opposition entre Friedrich Mühlberg et Gustav Steinmann (1856-1929)</i>	147
5. 3. Réunion de la Société géologique de France de 1897 (Vosges, Belfort, Porrentruy).....	152
Chapitre 6 Le passage XIX^e-XX^e siècle : l'époque des grandes synthèses	155
6. 1. La fin de l'ancienne théorie contractionniste d'Élie de Beaumont.....	155
6. 2. De grands changements.....	156
6. 3. Albert Heim (1849-1937).....	156
6. 4. Hans Schardt (1858-1931).....	161

6. 5. August Buxtorf (1877-1969)	166
6. 5. 1. Couverture décollée.....	166
6. 5. 2. Tunnel du Weissenstein	169
6. 5. 3. Le tunnel de base du Hauenstein.....	172
6. 5. 4. Le tunnel Granges – Moutier ou du Grenchenberg.....	174
6. 5. 5. Les études hydrogéologiques associées aux tunnels ferroviaires	180
6. 6. Conclusion.....	181
Chapitre 7 L'après-guerre : l'empreinte de Hans Peter Laubscher (1924-2015).....	183
7. 1. Des années 1940 aux années 1960.....	183
7. 1. 1. Maurice Lugeon (1870-1953).....	183
7. 1. 2. Louis Glangeaud (1903-1986).....	184
7. 1. 3. Le Jura, source d'inspirations internationales.....	186
7. 2. Hans Peter Laubscher (1924-2015).....	186
7. 2. 1. De 1961 à 1973.....	186
7. 2. 1. 1. La surface du socle	186
7. 2. 1. 2. Conditions mécaniques associées au chevauchement de la nappe du Jura	188
7. 2. 2. De 1973 à 1983.....	193
7. 3. Conclusion.....	206
Chapitre 8 Les éléments structuraux.....	207
8. 1. Fernschub ou charriage	207
8. 1. 1. Le rôle de Jean Goguel (1908-1987).....	207
8. 1. 2. L'apport de Hans Peter Laubscher (1924-2015).....	208
8. 1. 3. Les évaporites.....	208
8. 1. 3. 1. Les assises évaporitiques triasiques du Jura	209
8. 1. 3. 2. La déformation des niveaux évaporitiques du Jura	211
8. 2. Structures transversales : décrochements et abaissements d'axe	211
8. 2. 1. Les précurseurs	212
8. 2. 2. Le rôle de Nazario Pavoni (1929-2014).....	214
8. 2. 3. L'importance de Hans Peter Laubscher	217
8. 2. 4. Les décrochements selon Max Suter.....	217
8. 2. 5. Abaissements d'axe.....	219
8. 3. Failles et fracturation	219
8. 3. 1. Le comportement du socle	219
8. 3. 2. La fracturation des assises calcaires.....	220
8. 3. 3. Failles et fractures.....	221
8. 3. 4. Apport de la microtectonique dans le Jura.....	223
8. 4. Stylolites et dissolution – recristallisation	225
8. 5. Les paléocontraintes et le champ de contraintes actuel	232
8. 6. Âge du plissement.....	233
8. 7. Les méthodes des coupes équilibrées.....	236

Chapitre 9 Les recherches modernes sur la tectonique profonde.....	241
9. 1. Analyse du sous-sol par les forages.....	241
9. 1. 1. <i>Les forages dans le Jura suisse : Buix-1 et Risoux-1.....</i>	241
9. 1. 2. <i>Les forages dans le Jura français : exemple Laveron-1.....</i>	242
9. 1. 3. <i>Les forages français en bordure occidentale du Jura.....</i>	243
9. 1. 4. <i>Les forages suisses en bordure orientale du Jura.....</i>	245
9. 2. Interprétation des structures du Jura au moyen de l'analyse sismique.....	245
9. 3. La Nagra.....	250
9. 3. 1. <i>Les premières études.....</i>	251
9. 3. 2. <i>Les tremblements de terre.....</i>	255
9. 3. 3. <i>Les six forages profonds du Jura oriental.....</i>	255
9. 3. 4. <i>D'autres rapports techniques (Nagra Technische Berichte, NTB) sur le sujet.....</i>	257
9. 3. 5. <i>Les recherches plus récentes de la Nagra.....</i>	258

Jean-Pierre TRIPET, Pierre-Yves JEANNIN, François PASQUIER, Jacques MUDRY & Jean-Paul SCHAEER
avec des contributions de François FLURY, Marc LUETSCHER & Thierry MALVESY

4^e partie

Hydrogéologie et karst.....	261
Préambule.....	263

Jean-Pierre TRIPET, Jacques MUDRY & Jean-Paul SCHAEER

Chapitre 1 Introduction – Réseau hydrographique et hydrogéologie.....	265
1. 1. Les particularités du réseau hydrographique.....	265
1. 2. Évolution du réseau hydrographique dans le temps.....	269
1. 2. 1. <i>Éocène (-56 à -33,9 millions d'années ou Ma).....</i>	270
1. 2. 2. <i>Oligocène (-33,9 à -23 Ma).....</i>	270
1. 2. 3. <i>Miocène (-23 à -5,3 Ma).....</i>	270
1. 2. 4. <i>Pliocène-Pléistocène (-5,3 Ma à -11 700 ans).....</i>	272
1. 3. Périodes glaciaires.....	273
1. 3. 1. <i>Extension des glaciers au Quaternaire.....</i>	273
1. 3. 2. <i>Les formations glaciaires dans l'Arc jurassien.....</i>	274
1. 3. 3. <i>Effet des glaciations sur les écoulements souterrains.....</i>	275
1. 4. Particularités des lacs de l'Arc jurassien.....	276
1. 4. 1. <i>Les lacs de la Haute-Chaîne.....</i>	276
1. 4. 2. <i>Les lacs du pied sud du Jura.....</i>	278
1. 4. 3. <i>Les lacs de la région méridionale.....</i>	280
1. 5. Aperçu des sources importantes.....	281

Pierre-Yves JEANNIN, Jacques MUDRY & Jean-Paul SCHAER

Chapitre 2 Les précurseurs	285
2. 1. Introduction.....	285
2. 2. Auteurs et thèmes importants avant 1895.....	285
2. 2. 1. <i>Jean André Deluc (1727-1817)</i>	286
2. 2. 2. <i>Le début du XIX^e siècle</i>	288
2. 2. 3. <i>Auguste Napoléon Parandier (1804-1901)</i>	288
2. 2. 4. <i>Modernisation des concepts</i>	289
2. 2. 5. <i>Thèmes importants développés durant cette période</i>	290
2. 2. 5. 1. <i>Eaux thermales</i>	290
2. 2. 5. 2. <i>Eaux salées de la bordure ouest du Jura</i>	291
2. 2. 5. 3. <i>Qualité des eaux et premiers essais de traçage</i>	291
2. 2. 5. 4. <i>Vers une utilisation plus intensive de l'eau</i>	293
2. 3. Auteurs et thèmes importants de 1895 à 1930.....	293
2. 3. 1. <i>Personnages importants</i>	295
2. 3. 2. <i>Eugène Fournier (1871-1941)</i>	296
2. 3. 3. <i>Hans Schardt (1858-1931)</i>	298
2. 3. 4. <i>Autres auteurs de la période 1895-1930</i>	300
2. 3. 5. <i>Thèmes importants développés durant cette période</i>	301
2. 3. 5. 1. <i>Les aménagements hydrauliques des hautes vallées jurassiennes</i>	301
2. 3. 5. 2. <i>Karst et épidémies</i>	302
2. 3. 5. 3. <i>Explorations spéléologiques</i>	302
2. 3. 5. 4. <i>Grands tunnels du Jura</i>	303
2. 3. 5. 5. <i>De nombreux ouvrages de captage pour l'eau potable et l'électricité</i>	303
2. 4. Conclusion.....	304
François PASQUIER, Jacques MUDRY & Jean-Paul SCHAER avec des contributions de Pierre-Yves JEANNIN	
Chapitre 3 Grands travaux à l'époque des précurseurs	305
3. 1. Tunnels.....	305
3. 1. 1. <i>L'ancien tunnel du Hauenstein</i>	305
3. 1. 2. <i>Le tunnel des Loges</i>	307
3. 1. 3. <i>Le tunnel ferroviaire du Bözberg</i>	307
3. 1. 4. <i>Le tunnel de Glovelier et le tunnel de La Croix</i>	308
3. 1. 5. <i>Le tunnel du Weissenstein</i>	308
3. 1. 6. <i>Le tunnel de base du Hauenstein</i>	308
3. 1. 7. <i>Le tunnel du Grenchenberg</i>	310
3. 1. 8. <i>Le tunnel ferroviaire du Mont d'Or</i>	312
3. 1. 9. <i>En conclusion</i>	313
3. 2. Travaux d'aménagement hydraulique.....	313
3. 2. 1. <i>Les temps anciens</i>	313
3. 2. 2. <i>L'ère industrielle</i>	314
3. 2. 2. 1. <i>Les voies de navigation</i>	314

3. 2. 2. 2. Le drainage	314
3. 2. 2. 3. L'adduction d'eau	317
3. 2. 2. 4. Le captage de sources	317
3. 2. 2. 5. La production d'électricité.....	318
3. 2. 2. 6. Conclusion.....	319

Jean-Pierre TRIPET & Jacques MUDRY

Chapitre 4 Les fondateurs de l'hydrogéologie moderne.....	321
4. 1. De l'époque des précurseurs à l'ère « moderne »	321
4. 1. 1. <i>Monographies régionales – hydrologie du karst</i>	322
4. 1. 2. <i>Matières premières minérales</i>	323
4. 1. 3. <i>Ressources en eau souterraine</i>	323
4. 1. 4. <i>Thermalisme</i>	325
4. 2. Pourquoi « hydrogéologie moderne » ?.....	326
4. 3. L'apport des fondateurs de l'hydrogéologie moderne dans le Jura.....	327
4. 3. 1. <i>Enseignement et recherche</i>	328
4. 3. 1. 1. Université de Besançon – Laboratoire de géologie structurale et appliquée.....	328
4. 3. 1. 2. Université de Neuchâtel – Centre d'hydrogéologie.....	331
4. 3. 1. 3. Université de Neuchâtel – Travaux de recherche.....	332
4. 3. 1. 4. École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ).....	337
4. 3. 1. 5. École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), GEOLEP	338
4. 3. 1. 6. Institut de géologie de l'Université de Lausanne.....	338
4. 3. 2. <i>Cartographie hydrogéologique</i>	339
4. 3. 3. <i>Évaluation et mise en valeur des ressources en eau souterraine</i>	341
4. 3. 4. <i>Réalimentation artificielle des aquifères en roches meubles</i>	342
4. 3. 5. <i>Hydrochimie et géothermie</i>	342
4. 3. 5. 1. Méthodes hydrochimiques.....	343
4. 3. 5. 2. Géothermie – eaux minérales et thermales.....	343
4. 3. 5. 3. Géothermie – potentiel de chaleur.....	344
4. 3. 5. 4. Synthèse hydrochimique pour le nord de la Suisse	345
4. 3. 6. <i>Micro-organismes dans l'eau souterraine</i>	347
4. 4. Conclusions.....	349

François PASQUIER, Jacques MUDRY & Jean-Pierre TRIPET
avec des contributions de François FLURY

Chapitre 5 Évaluation et utilisation des ressources en eau souterraine	351
5. 1. Développements méthodologiques et opérationnels	351
5. 2. Rôle des services publics.....	353
5. 2. 1. <i>En France</i>	353
5. 2. 2. <i>En Suisse</i>	356
5. 3. Législations.....	357
5. 3. 1. <i>En France</i>	357
5. 3. 2. <i>En Suisse</i>	357

5. 4. Ressources en roche meuble	358
5. 4. 1. En France.....	358
5. 4. 2. En Suisse.....	359
5. 4. 3. Approches globales, modélisations.....	361
5. 4. 4. Réalimentation artificielle.....	363
5. 5. Ressources en milieu calcaire.....	365
5. 5. 1. Dans le Jura français.....	365
5. 5. 2. Dans le Jura suisse	368
5. 5. 2. 1. Première période, années 1955 à 1985	368
5. 5. 2. 2. Deuxième période, à partir des années 1985	373
5. 6. Circulations profondes, eaux thermales et minérales.....	375
5. 6. 1. Mise en valeur des ressources	375
5. 6. 1. 1. En France.....	375
5. 6. 1. 2. En Suisse.....	376
5. 6. 2. Origine des eaux profondes.....	383
5. 7. Conclusions.....	384

Pierre-Yves JEANNIN & Jean-Pierre TRIPET
avec des contributions de Jacques MUDRY & Marc LUETSCHER

Chapitre 6 L'eau dans le milieu karstique	387
6. 1. Évolution des concepts	387
6. 2. Étapes clés.....	387
6. 2. 1. Avant le travail de Joseph FOURNET (1801-1869) de 1858	387
6. 2. 2. J. FOURNET, 1858 : première esquisse cohérente du karst.....	388
6. 2. 3. 1890 à 1930 : Approche plutôt spéléologique où les écoulements souterrains sont dominés par les conduits	388
6. 2. 4. Daniel AUBERT (1905-1991) : 1943	391
6. 2. 5. 1959 à 1995 : L'école neuchâteloise	391
6. 2. 5. 1. De 1959 à 1983 : Époque « Burger - Király - Tripet ».....	391
6. 2. 5. 2. De 1983 à 1995 : Époque « Király - Müller ».....	395
6. 2. 6. De 1995 à 2018 : Retour progressif à une vision plus centrée sur les conduits.....	396
6. 3. Les glaciers du Jura : une forme particulière d'eau souterraine	400

Jean-Pierre TRIPET & Jacques MUDRY

Chapitre 7 Protection des eaux souterraines.....	403
7. 1. Problèmes sanitaires à l'époque des précurseurs	403
7. 1. 1. Epidémies et hygiène des eaux de consommation	403
7. 1. 2. Nécessité d'une protection des ressources : prise de conscience.....	405
7. 2. Avancées conséquentes dans la période 1960-1990	406
7. 2. 1. Bases légales	406
7. 2. 2. Travaux de recherche.....	408
7. 3. Après 1990, une approche basée sur la vulnérabilité des aquifères.....	412
7. 3. 1. Le programme européen COST 65 (1991-1994).....	412

7. 3. 2. Application du concept de vulnérabilité en Suisse : la méthode EPIK.....	412
7. 3. 3. Application du concept de vulnérabilité en Franche-Comté : la méthode RISK.....	415
7. 3. 4. Le programme européen COST 620 (1997-2003).....	416
7. 4. Autres démarches pour la protection des ressources.....	417
7. 4. 1. Observation à long terme des eaux souterraines.....	417
7. 4. 2. Observation des eaux de surface.....	417
7. 4. 3. Biocénose des eaux souterraines.....	419
7. 4. 4. Inventaire des sites pollués.....	420
7. 4. 5. Assainissement de cavités karstiques.....	421
7. 4. 6. Information du public.....	422
François PASQUIER & Jacques MUDRY avec des contributions de Pierre-Yves JEANNIN & Jean-Pierre TRIPET	
Chapitre 8 Cartes hydrogéologiques.....	423
8. 1. Développement des cartes hydrogéologiques dans le Jura.....	423
8. 2. Cartes générales à l'échelle de 1:500 000 à 1:100 000.....	425
8. 2. 1. En France.....	425
8. 2. 2. En Suisse.....	426
8. 3. Cartes régionales à l'échelle de 1:50 000 à 1:10 000.....	427
8. 3. 1. En France.....	427
8. 3. 2. En Suisse.....	427
8. 4. Développements modernes, géoportails.....	430
Pierre-Yves JEANNIN, Jacques MUDRY, François PASQUIER et Jean-Pierre TRIPET avec des contributions de François FLURY	
Chapitre 9 Applications particulières récentes.....	431
François PASQUIER avec des contributions de François FLURY	
9.1. Grands travaux d'infrastructure.....	431
9. 1. 1. Tunnels.....	431
9. 1. 1. 1. Les années 1960 à 2000.....	431
9. 1. 1. 2. À partir des années 2000.....	435
9. 1. 2. Barrages.....	437
9. 1. 3. Travaux hydrauliques.....	439
9. 1. 4. Conclusions.....	440
Jean-Pierre TRIPET & François PASQUIER avec des contributions de Jacques MUDRY	
9.2. Entreposage de déchets spéciaux.....	441
9. 2. 1. Anciennes décharges pour déchets spéciaux.....	441
9. 2. 1. 1. Entreposage en surface.....	441
9. 2. 1. 2. Entreposage souterrain.....	445
9. 2. 2. Études pour l'entreposage de déchets radioactifs.....	446
9. 2. 2. 1. Évaluation des données disponibles.....	447

9. 2. 2. 2. Études régionales.....	447
9. 2. 2. 3. Forages profonds.....	449
9. 2. 2. 4. Plan sectoriel.....	453
9. 2. 3. <i>Étude des roches à faible perméabilité</i>	453
Pierre-Yves JEANNIN, Jean-Pierre TRIPET Et Jacques MUDRY	
9. 3. L'eau souterraine, cause de dangers naturels.....	459
9. 3. 1. <i>Introduction</i>	459
9. 3. 2. <i>Jusqu'aux années 1980: Reconnaissance des phénomènes karstiques responsables de dommages</i>	459
9. 3. 2. 1. Inondations.....	459
9. 3. 2. 2. Effondrements karstiques.....	461
9. 3. 2. 3. Cavités à proximité immédiate d'ouvrages de génie civil.....	462
9. 3. 2. 4. Glissements de terrain.....	463
9. 3. 3. <i>Dès 1990, réglementation et cartes</i>	463
9. 3. 4. <i>Dès les années 2000: Méthodologies et études pour l'assainissement et la prévention</i>	464
9. 3. 4. 1. Inondations.....	464
9. 3. 4. 2. Effondrements karstiques.....	464
9. 3. 4. 3. Glissements de terrain.....	466
Pierre-Yves JEANNIN	
9. 4. Changements climatiques et hydrogéologie.....	472
9. 4. 1. <i>Introduction</i>	472
9. 4. 2. <i>Avant 2003</i>	472
9. 4. 3. <i>Période de 2003 à 2020</i>	473
9. 4. 3. 1. Changements climatiques et ressources en eau dans le Jura.....	473
9. 4. 3. 2. Changements climatiques et température des eaux souterraines.....	474
9. 4. 3. 3. Changements climatiques et composition physico-chimique de l'eau.....	475
Jean-Pierre TRIPET & Jacques MUDRY avec des contributions de Pierre-Yves JEANNIN, Thierry MALVESY & Jean-Paul SCHAEER	
Chapitre 10 Les hydrogéologues s'adressent au public	477
10. 1. L'époque des précurseurs: ouverture au public.....	477
10. 1. 1. <i>Les récits de voyages, en textes et en images</i>	477
10. 1. 2. <i>Publications à caractère didactique, conférences et excursions</i>	478
10. 1. 3. <i>Encouragement de la recherche et diffusion des connaissances</i>	479
10. 2. Les années 1990: renouveau de l'ouverture au public.....	481
10. 2. 1. <i>Contribution des administrations publiques</i>	482
10. 2. 2. <i>Contribution des musées d'histoire naturelle</i>	483
10. 2. 3. <i>Contribution des organisations spéléologiques</i>	484
10. 2. 4. <i>Guides d'excursion</i>	487
10. 2. 5. <i>Sites touristiques karstiques</i>	488
10. 2. 6. <i>Ouvrages scientifiques à caractère didactique</i>	488
10. 2. 7. <i>Ouvrages de la catégorie « Beaux livres »</i>	489

10. 3. La notion de géotope et son application	489
10. 3. 1. <i>Application en Suisse</i>	490
10. 3. 2. <i>Application en France</i>	490
Remerciements	493
Bibliographie	495
Biographie des auteurs	565
Mémoires de la société neuchâteloise des sciences naturelles	567