Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Band: 113 (1990)

Artikel: Aspects géologiques et hydrologiques des sources des gorges de l'Areuse

Autor: Stettler, Roland

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89319

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VILLE DE NEUCHÂTEL, LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

ASPECTS GÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES DES SOURCES DES GORGES DE L'AREUSE

par

ROLAND STETTLER

AVEC 10 FIGURES ET 4 TABLEAUX

1. INTRODUCTION

Il existe dans les gorges de l'Areuse des eaux souterraines abondantes localisées dans les aquifères des anticlinaux bordiers et du synclinal de Champ-du-Moulin. Les trop-pleins de ces aquifères ont été captés dès 1887 pour assurer l'alimentation en eau potable d'une partie du canton de Neuchâtel, soit plus de 20 communes au total, dont en particulier les villes de Neuchâtel, de La Chaux-de-Fonds et de Boudry (AGUSTONI 1987, BONNARD 1987, STETTLER 1986 et 1987). Les 30 captages exploités, constitués d'une multitude de venues d'eau, alimentent approximativement les deux tiers de la population du canton (environ 100 000 habitants sur un total de 155 000), et représentent à peu près 50 % de sa consommation (environ 16 millions de m^3 par an sur 33 millions selon MATTHEY (1986).

La complexité du substratum géologique de cette région des gorges a inspiré de nombreux travaux scientifiques dont nous citerons spécialement celui des pionniers: SCHARDT et DUBOIS (1902) qui ont débrouillé les premiers l'écheveau géologique de la région, et celui du dernier en date: MEIA (1986), lequel a remis complètement à jour cette géologie, en fonction des connaissances actuelles, tectoniques surtout. Par ailleurs BURGER (1959, 1986, 1987) a mis en évidence par ses travaux l'existence et les relations des principaux aquifères de cette zone; toutefois un certain nombre de problèmes demeurés sans réponses devraient pouvoir être levés par l'étude des zones de protection de tous les captages situés dans les gorges de l'Areuse, étude qui a débuté en 1988 sous l'égide des services des eaux concessionnaires.

Le présent article a pour but d'établir le point des connaissances acquises dans cette zone et de montrer la direction des recherches futures; en sont exclus toutefois les domaines purement chimiques et biologiques qui sortent de son cadre.

2. RAPPELS GÉOLOGIQUES ET TECTONIQUES (d'après MEIA 1986)

2.1. **Généralités**

De Noiraigue (alt. 725 m) à Boudry (454 m), les gorges de l'Areuse occupent une profonde entaille d'environ 9 km de longueur, au travers des deux premiers anticlinaux jurassiens: l'anticlinal A1 de la Montagne de Boudry au sud (point culminant 1465 m), dont les assises sont constituées essentiellement par le Malm, et l'anticlinal A2 de Solmon - La Tourne au nord (point culminant 1288 m), avec des assises du Dogger et du Malm. Ces anticlinaux sont séparés par un étroit synclinal composé de roches crétacées et de molasse tertiaire, plus ou moins pincé et perché, chevauché par A1. L'ensemble est compliqué par deux importants plis-failles longitudinaux, avec de nombreuses zones de décrochements (tabl. 2, fig. 1, 2 et 3).

L'Areuse a entaillé le flanc sud de l'anticlinal de Solmon en une demi-cluse, y déterminant les gorges du Saut-de-Brot; plus en aval, elle a cisaillé en cluse oblique la Montagne de Boudry à l'endroit de son ensellement maximal, formant le profond canyon du Gor-de-Brayes en amont de la plaine du delta de l'Areuse. La coupure orographique des gorges constitue la zone de décharge d'une succession d'aquifères, s'étageant du Quaternaire au Secondaire. Son rayon d'appel dépasse largement les gorges elles-mêmes, à cause de l'ampleur des phénomènes karstiques et glaciaires du bassin du Val-de-Travers - Areuse.

L'histoire géologique de ce minuscule territoire d'environ 25 km^2 est étroitement liée à celle de l'ensemble du Jura, mais plus précisément à la partie méridionale constituée par le Jura plissé (tabl. 1).

2.2. **Phénomènes marquants dans les gorges de l'Areuse**

a) *Période glaciaire*

Les glaciers quaternaires ont raboté et remanié puissamment la topographie des gorges de l'Areuse. La glaciation de Würm y est la cause de deux phénomènes majeurs:

1. Comblement de l'ancien sillon rissien de l'Areuse au niveau du Saut-de-Brot par d'importants dépôts de moraines et d'argiles du glacier du Rhône, et création du lac du Val-de-Travers au moment du retrait glaciaire. Le glacier local du Creux-du-Van est venu déverser ses propres moraines par-dessus le tout, repoussant épigénétiquement l'Areuse vers le nord.

2. Même épisode plus en aval dans le secteur de la Verrière où du matériel morainique würmien mêlé à un éboulement local ont permis l'établissement d'un petit lac dans la vallée de Champ-du-Moulin.

TABLEAU 1

Résumé de l'histoire géologique du Jura méridional — Gorges de l'Areuse

Cette histoire résulte de la succession et de la combinaison de 5 étapes majeures:

5. Phase récente d'érosion et de remaniement glaciaire:

De - 200'000 à - 10'000 ans environ. Les épisodes glaciaires successifs du Riss (jusqu'à environ 1400 m d'altitude), puis du Würm (jusqu'à environ 1000 m d'altitude), ont considérablement modifié la topographie du Jura méridional: érosion et dépôts de moraines.

4. Phase de plissement (=émersion définitive):

De - 10 millions d'années à - 200'000 ans environ. Le plissement alpin a provoqué des déformations du socle sous l'emplacement actuel du Jura, qui s'est plissé: formation d'anticlinaux, synclinaux et cluses.

3. Phases de transgressions et régressions marines:

De - 30 à - 10 millions d'années. Dépôts de molasse marine et de molasse d'eau douce en alternance.

2. Première phase d'émersion:

De - 60 à - 30 millions d'années. Formation d'un paléokarst et dépôts de matériaux sidérolithiques.

1. Phase de sédimentation dans la mer Jurassique:

De -170 à - 60 millions d'années. Mer plus ou moins profonde, avec enfoncement progressif des sédiments : 1'200 m de dépôts au total.

Note : Toutes ces phases ont été soumises en permanence aux phénomènes de l'érosion fluviatile et de la corrosion de type karstique qui ont été la cause des principales manifestations telles que : attaques des charnières anticlinales, abaissement des reliefs; dissolution et établissement de circulations d'eau souterraine, formation d'aquifères et de nappes phréatiques, etc.

b) *Phénomènes karstiques*

La karstification des gorges et des massifs qui les surplombent et qui est probablement parallèle, voire antérieure, au début du plissement jurassien, est responsable des importantes circulations d'eau souterraine du secteur. Elle est cependant très complexe à cause de la structure des plis et des fracturations qui les traversent; c'est ainsi que la disposition des aquifères et de leurs exutoires est influencée par le S couché que forme l'Argovien dans la succession des plis.

TABLEAU 2

Etages géologiques et aquifères schématiques des gorges de l'Areuse

ERES	DIVISIONS		ETAGES	ROCHES	EPAISSEUR en m	PERMEABILITE		POROSITE	AGES en MA
QUATERNAIRE	HOLOCENE		Postglaciaire	Alluvions, moraines et éboulis : matériel fluvio-glaciaire	10 - 20	Très perméable (sauf argiles)	10^{-1} - 10^{-4}	3 - 15 %	
	PLEISTOCENE		Glaciaire						- 2
TERTIAIRE	MIOCENE		Molasse d'eau douce inférieure : Stampien-Aquitanien	Grès Gypses Marnes	50	En partie perméable } Imperméable	10^{-7}	0 - 1 ‰	
	OLIGOCENE								- 63
SECONDAIRE	CRETACE		Urgonien-Albien Hauterivien sup.	Calcaires jaunes	30 - 60	Perméable	10^{-6}	4,5 ‰	
			Hauterivien inf.	Marnes bleues	15 - 20	Imperméable	10^{-8}	0	
			Valanginien	Calcaires jaunes	30 - 50	Perméable	10^{-6}	4,5 ‰	
			Purbeckien	Marnes gris-noires	20	Imperméable	10^{-8}	0	- 135
	JURASSIQUE	MALM	Portlandien	Calcaires blancs	400	Perméable	10^{-3} - 10^{-4}	4,5 ‰	
			Kimméridgien						
			Séquanien						
			Argovien	Marno-calcaires	150 - 200	Imperméable	10^{-8}	0	- 160
		DOGGER	Callovien	Calcaires bruns	200	Perméable → peu perméable	10^{-6} - 10^{-8}	3 ‰	
			Bathonien						
			Bajocien	Marno-calcaires					- 180

* d'après KIRALY (1973)

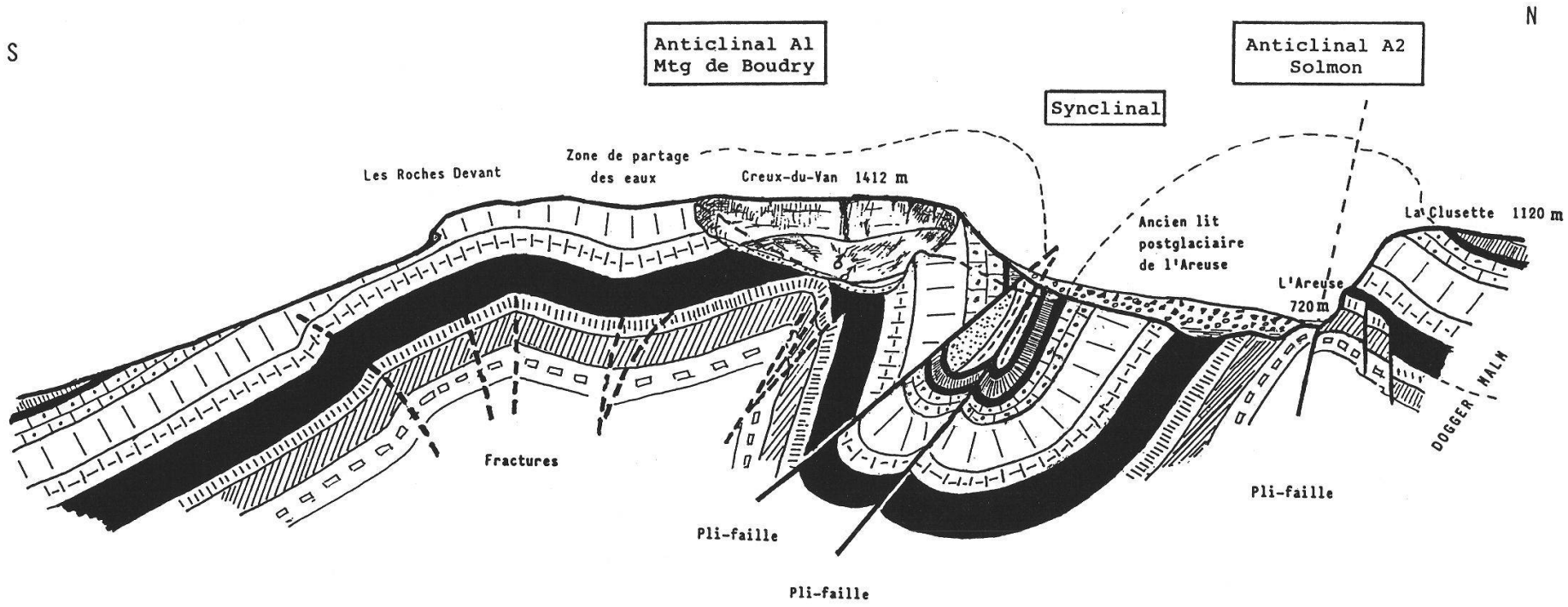

Fig. 1. *Profil géologique schématique du secteur du Creux-du-Van - La Clusette* (d'après MEIA 1986). Voir la légende des étages stratigraphiques sur le tableau 2. Ce profil souligne l'importante boutonnière d'érosion karstique puis glaciaire du Creux-du-Van, entaillée dans le cœur du pli anticlinal A1 jusqu'au niveau des assises argoviennes, lesquelles constituent le sous-bassement du cirque actuel. Plus au nord, on notera l'intense travail d'érosion qui a dégagé le cœur de l'anticlinal A2. La schématisation de ce dessin ainsi que celle de la figure 2 permet de démontrer l'importance des assises du Malm, l'Argovien en particulier, ainsi que leur structure complexe.

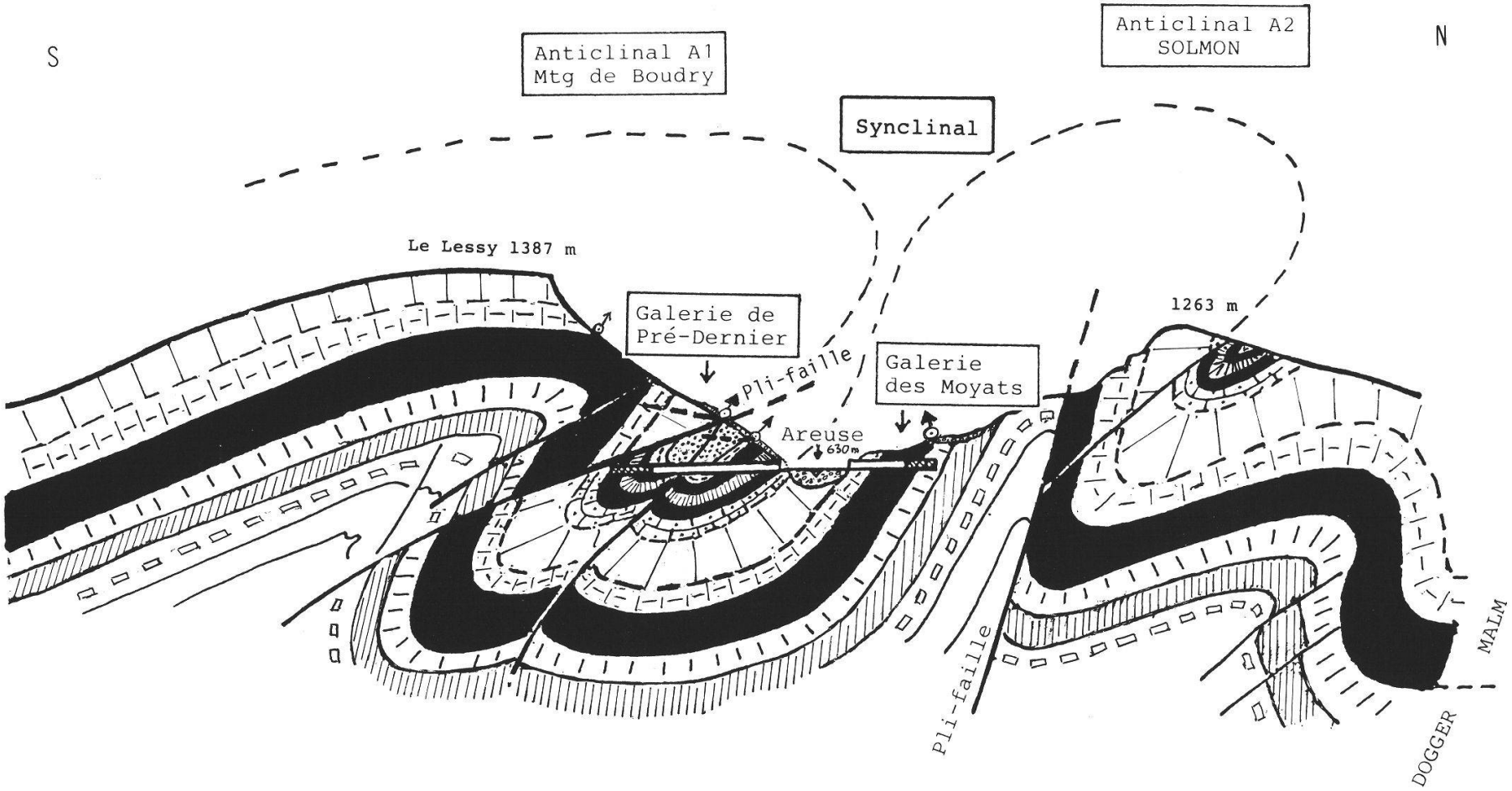

Fig. 2. *Profil géologique schématique du secteur des Moyats* (d'après MEIA 1986). Voir la légende des étages stratigraphiques sur le tableau 2. Ce profil met en évidence la structure du synclinal pincé au sud, au niveau du pli-faille de l'anticlinal A1 chevauchant; cette structure a été vérifiée grâce à la galerie de captage et d'accumulation d'eau de Pré-Dernier. En face, la galerie des Moyats a permis de traverser une partie du flanc sud de l'anticlinal A2 (voir détails fig. 5 et fig. 6).

3. HYDROLOGIE DE LA RÉGION DU VAL-DE-TRAVERS

Les sources des gorges de l'Areuse font partie du réseau hydrologique du Val-de-Travers qui regroupe les bassins de la Doux-Areuse, de la Noiraigue, de Buttes et du Val-de-Travers - Areuse (fig. 9).

L'hydrologie de ces bassins est conditionnée par le substratum du Malm duquel jaillissent les principaux exutoires au-dessus des niveaux de l'Argovien-Oxfordien; du fait de son développement, le Malm constitue l'aquifère le plus productif de cette région. Les sources du Malm (tabl. 3) qui jaillissent dans le Val-de-Travers sont de type temporaire, à l'exception de l'Areuse et de la Noiraigue. Par contre, les sources de Champ-du-Moulin, tout en aval du système, débitent constamment. Par conséquent, selon BURGER (1987), elles pourraient représenter le trop-plein d'un aquifère qui s'étendrait de Travers à Champ-du-Moulin - Combe-Garot.

TABLEAU 3

Principales résurgences du Malm

Principales sources du Malm dans le Val-de-Travers	a) Bordure nord du Val-de-Travers	-Résurgence de l'Areuse (pérenne) -Sources du Pont-de-la Roche à Fleurier (temporaires) -Sources du Crêt-de-l'Anneau (temporaires) -Résurgence de la Noiraigue (pérenne)
	b) Bordure sud du Val-de-Travers	-Résurgence de la Raisse à Fleurier (temporaire) -Sources des Grottes de Môtiers (temporaires)
Principales sources du Malm dans les Gorges de l'Areuse (toutes pérennes)	Anticlinaux A1 et A2 + synclinal Crétacé	-Sources du Saut-de-Brot (A1 + A2 + synclinal) -Sources de la Verrière-Eperon (A2) -Sources de Combe-Garot (A1): les plus en aval du système -Sources des Puries (A1):

En dehors des puissants aquifères du Malm, le synclinal du Val-de-Travers - Areuse renferme aussi une nappe phréatique étendue dans le Quaternaire, et d'autres aquifères dans le Tertiaire et le Crétacé. Dans ces derniers, il convient de citer en particulier l'eau des mines d'asphalte de La Presta, dont l'origine pourrait peut-être provenir du Malm sous-jacent. Au niveau des gorges de l'Areuse, il faut signaler l'aquifère du Dogger capté par La Chaux-de-Fonds, et qui possède à cet endroit des réserves d'eau considérables. Signalons encore une nouvelle nappe qui a été découverte sur la rive droite de l'Areuse à Noiraigue (Vers-chez-Joly): son origine et ses liaisons éventuelles avec les sources supérieures du Saut-de-Brot n'ont pas encore été déterminées.

Tous ces aquifères autres que le Malm (du Dogger au Quaternaire) sont comparativement plus modestes que l'ensemble des ressources du Malm.

4. LES AQUIFÈRES DES GORGES DE L'AREUSE

On y distingue 4 grands systèmes conditionnés chacun par un ou plusieurs niveaux imperméables, dont le Malm, comme dans le Val-de-Travers, est le plus important. Cependant les déformations tectoniques ont provoqué des fractures dans les imperméables, ce qui a eu pour effet de compliquer la situation par des transferts d'eau entre les différents niveaux. Le lieu de décharge de tous ces aquifères est l'Areuse, qui constitue le thalweg du Val-de-Travers, gorges de l'Areuse y compris (tabl. 4 et fig. 3). Pratiquement tous les exutoires de ces aquifères, à quelques exceptions près, sont captés pour l'alimentation en eau potable.

TABLEAU 4

Les principaux aquifères des gorges de l'Areuse

AQUIFERES	CAPTAGES (au niveau des anciens exutoires naturels)	m3/an % d'eau captée
1. Nappe phréatique des alluvions quaternaires Graviers et sables d'origine lacustre et glaciaire, tapissant le fond de la vallée de Champ-du-Moulin sur 10-20 m d'épaisseur. Fond imperméable d'argiles lacustres	La Chaux-de-Fonds -Puits dans la nappe phréatique..... -Réalimentation artificielle par l'Areuse en période sèche.....	2'240'000 14,0 % 400'000 2,5 %
2. Aquifères du Crétacé: Ils sont situés dans les calcaires jaunes du synclinal, sur la rive droite en amont de Champ-du-Moulin. Les aquifères locaux sont limités entre les marnes peu épaisses du Purbeckien et de l'Hauterivien inférieur. De plus, le noyau molassique et gypseux qui surmonte le Crétacé, individualise ces aquifères	Neuchâtel -Captages de versant -Galerie de Pré-Dernier en amont de Champ-du-Moulin	1'120'000 7,0 %
3. Aquifères du Malm: L'ossature des deux anticlinaux bordiers avec les marnes de l'Argovien à leurs base (200 m de puissance) conditionnent les sources les plus importantes des Gorges	La Chaux-de-Fonds: -Sources du Saut-de-Brot et des Moyats Captages principaux de Neuchâtel: -Sources de la Verrière -Sources de Combe-Garot -Source des Puries -Sources supérieures	9'600'000 60,0 %
4. Aquifères du Dogger: Le Dogger qui constitue le coeur des anticlinaux A1 et A2 a son aquifère enserré entre les marnes imperméables de l'Argovien (=toit) et le niveau de base plus ou moins imperméable du Bathonien Certaines sources du Dogger ont une température plus élevée que celle des autres aquifères, ce qui témoigne d'une origine plus profonde.	Captages principaux de la Chaux-de-Fonds: -en galeries dans le noyau de l'anticlinal de Solmon: Galeries de la Baleine, Bossy et des Moyats	2'640'000 16,5 %

Pour la petite histoire, les 16 millions de m^3 prélevés dans ces aquifères pour l'alimentation de 100 000 habitants correspondent à une consommation moyenne de 450 l/jour/hab.; c'est aussi 1875 m^3 prélevés à l'heure ou 0,5 m^3/sec. Or le débit annuel moyen de l'Areuse mesuré est de 12 m^3/sec aux Moyats et de 5 m^3/sec à la source. En clair, ça signifie que la consommation d'eau de 100 000 habitants ne représente que 4 % du débit d'eau moyen de l'Areuse au niveau des Moyats, ou 10 % de sa source. A l'échelon du bassin entier, c'est donc une fraction négligeable, fraction qui ne correspond même pas au débit minimum de l'Areuse mesuré lors d'un étiage sévère aux Moyats, en 1962 et qui était de 0,66 m^3/sec. Normalement, le débit classé de la rivière ne devrait pas descendre en dessous de 1,72 m^3/sec.

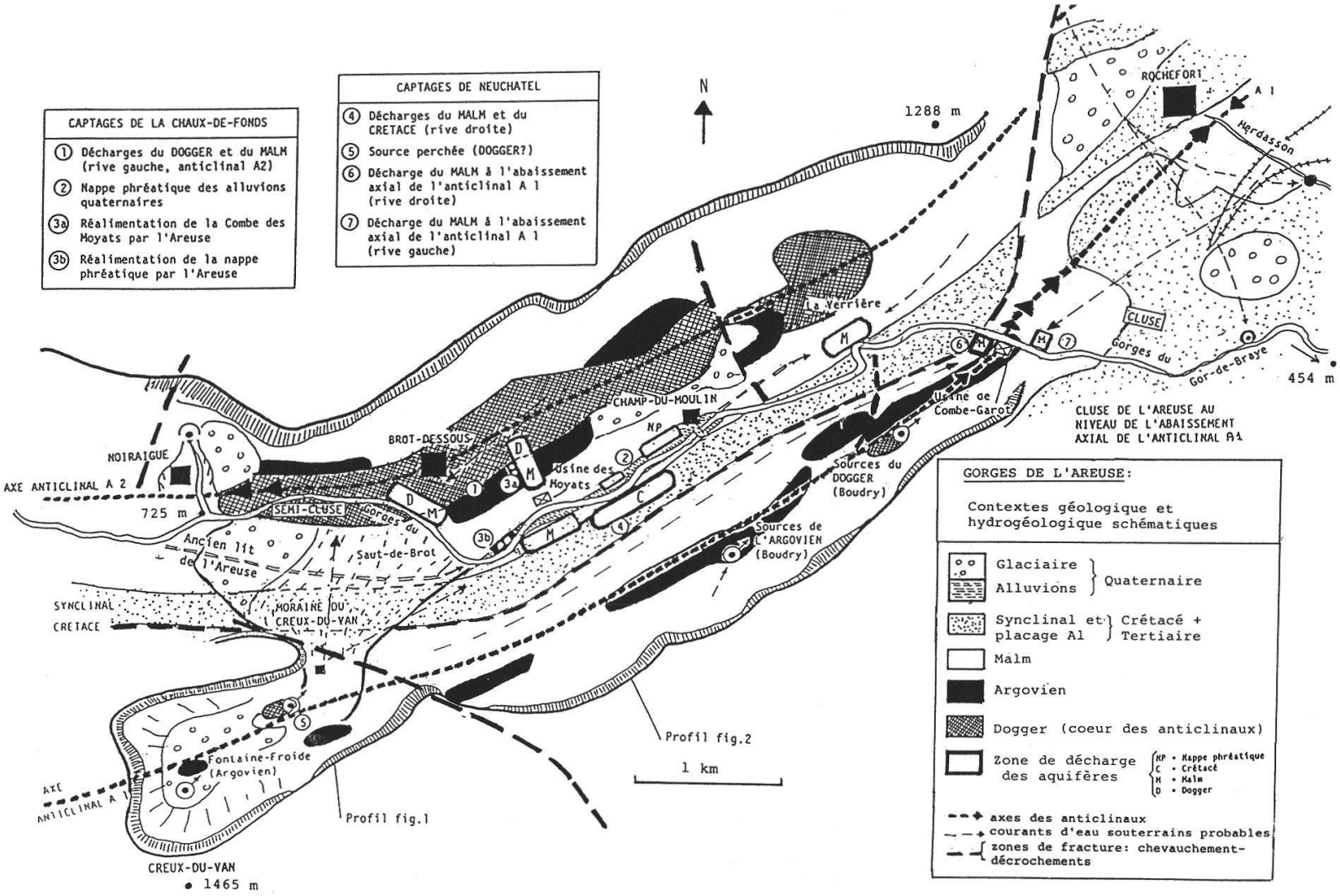

Fig. 3. Les grands traits structuraux, géologiques et hydrogéologiques des gorges de l'Areuse (d'après MEIA 1986).

5. LOCALISATION DES AQUIFÈRES DANS LES GORGES DE L'AREUSE: CONNAISSANCES ACTUELLES ET HYPOTHÈSES

5.1. **Aquifères et circulation d'eau souterraine connues**

Dans son chapitre «Itinéraires hydrogéologiques dans les gorges de l'Areuse», BURGER (1987) a remarquablement décrit les principaux mécanismes probables d'alimentation et de décharge des aquifères exploités qui ont été vérifiés par des traçages liés à l'exploitation de l'eau ou par des travaux originaux. On peut en tirer les cas de figure suivants:

a) *La nappe souterraine des alluvions quaternaires de Champ-du-Moulin, ses relations avec les sources de la Verrière* (BURGER 1987)

Cette nappe située dans du matériel gravelo-sableux très perméable et reposant sur des argiles relativement étanches est alimentée de 3 manières:

1. Précipitations atmosphériques;
2. Infiltrations de l'Areuse;
3. Apports d'eau souterraine à partir des calcaires du Malm.

Les captages de La Chaux-de-Fonds installés entre le Saut-de-Brot et Champ-du-Moulin interceptent en partie les apports d'eau du Malm, tout en puisant l'eau de la nappe. Des essais de pompage réalisés lors de la mise en service du puits 210 à Champ-du-Moulin en 1955 ont démontré qu'il existe une continuité hydraulique entre les alluvions de Champ-du-Moulin et le remblais morainique de la Verrière à 1 km en aval. La décharge naturelle de la nappe de Champ-du-Moulin se fait dans ce secteur et elle est captée en partie par des galeries inférieures de la Verrière (fig. 4). L'alimentation principale de ce dernier captage provient du Malm encaissant au niveau supérieur de la voie de chemin de fer franco-suisse. La Verrière est formée d'un réseau complexe de galeries étagées; exploitées par Neuchâtel, elle débite en moyenne plus de 5000 l/min.

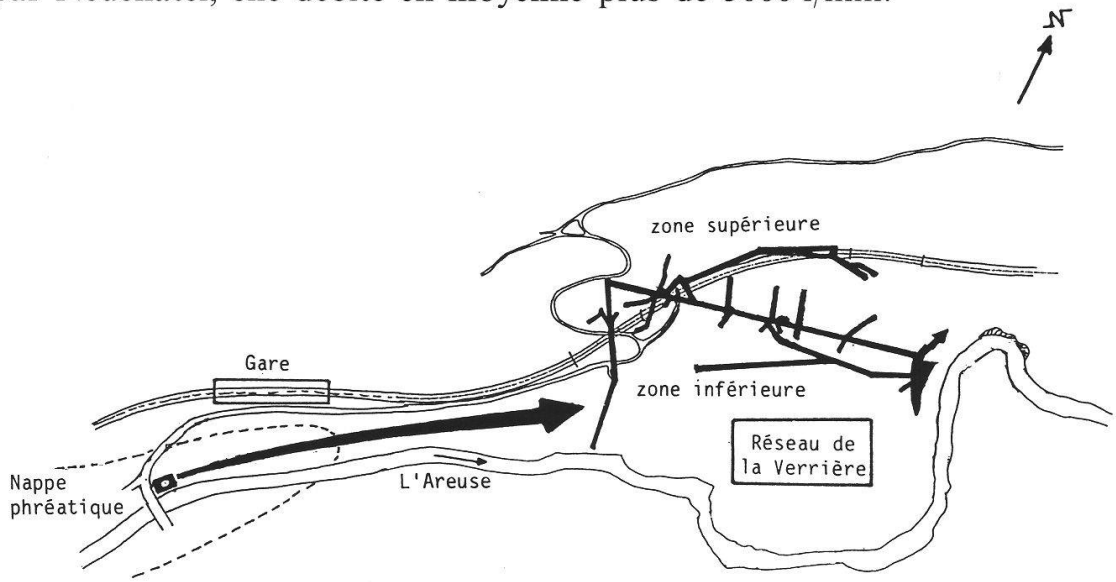

Fig. 4. L'alimentation de la source de la Verrière par l'écoulement de la nappe phréatique de Champ-du-Moulin.

b) *L'aquifère du Dogger*

Le cœur de l'anticlinal A2 est érodé jusqu'au Dogger entre le Saut-de-Brot et Prépunel. Un aquifère bien individualisé y est localisé avec ses sources de décharge dans la région du Saut-de-Brot. Il est capté par le Service des eaux de La Chaux-de-Fonds par une série de galeries en amont et au-dessus des Moyats. La galerie des Moyats, longue de 345 m, est spécialement intéressante: elle traverse les couches redressées de l'Argovien imperméable et vient s'implanter dans le Dogger redressé. Un barrage construit dans l'Argovien permet d'accumuler l'eau derrière, dans le Callovien; si le soutirage n'a pas lieu, les anciennes sources de décharge de la partie supérieure de l'aquifère se mettent à couler environ 70 m au-dessus de l'usine (fig. 5).

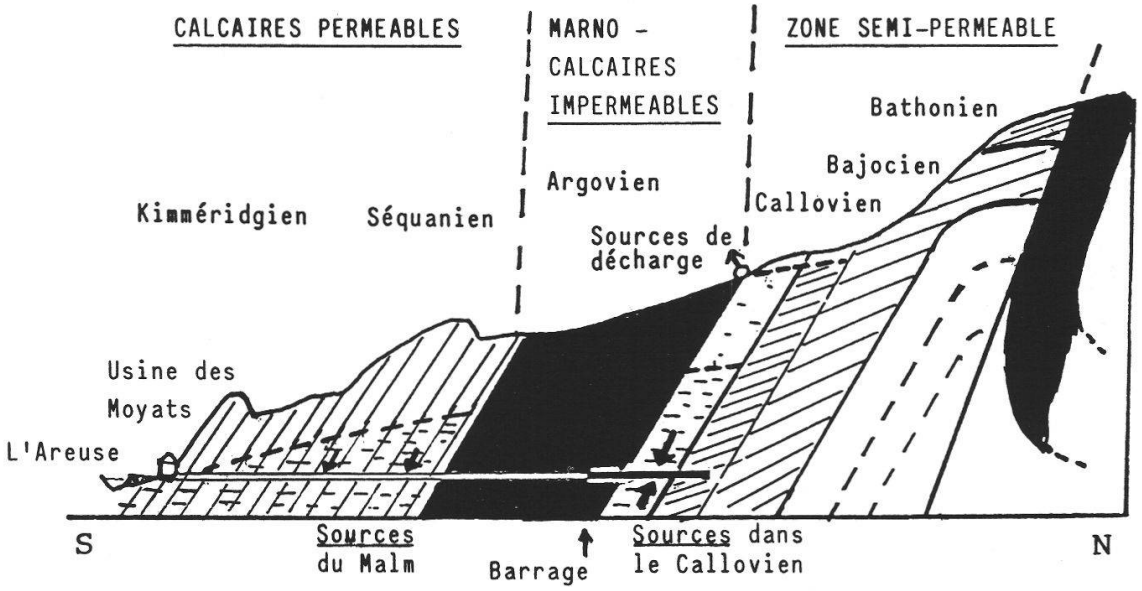

Fig. 5. Profil en long de la galerie des Moyats.

c) *L'aquifère du Crétacé*

Les sources du Crétacé, peu nombreuses et captées par Neuchâtel, sont situées dans le synclinal perché de la rive gauche en amont de Champ-du-Moulin: les couches de l'Hauterivien inférieur et du Purbeckien, en forme de gouttière, fonctionnent comme imperméables. En face des Moyats, la galerie de Pré-Dernier forée en 1934 et longue de 710 m (fig. 6) traverse successivement les calcaires du Crétacé, puis le noyau molassique jusqu'au contact du pli-faille de l'anticlinal. Elle a été obturée aux deux tiers par un barrage (comme celle des Moyats) pour accumuler l'eau du Portlandien, dont les débits sont plus importants (environ 1000 l/min) que ceux du Crétacé (à peu près 100 l/min).

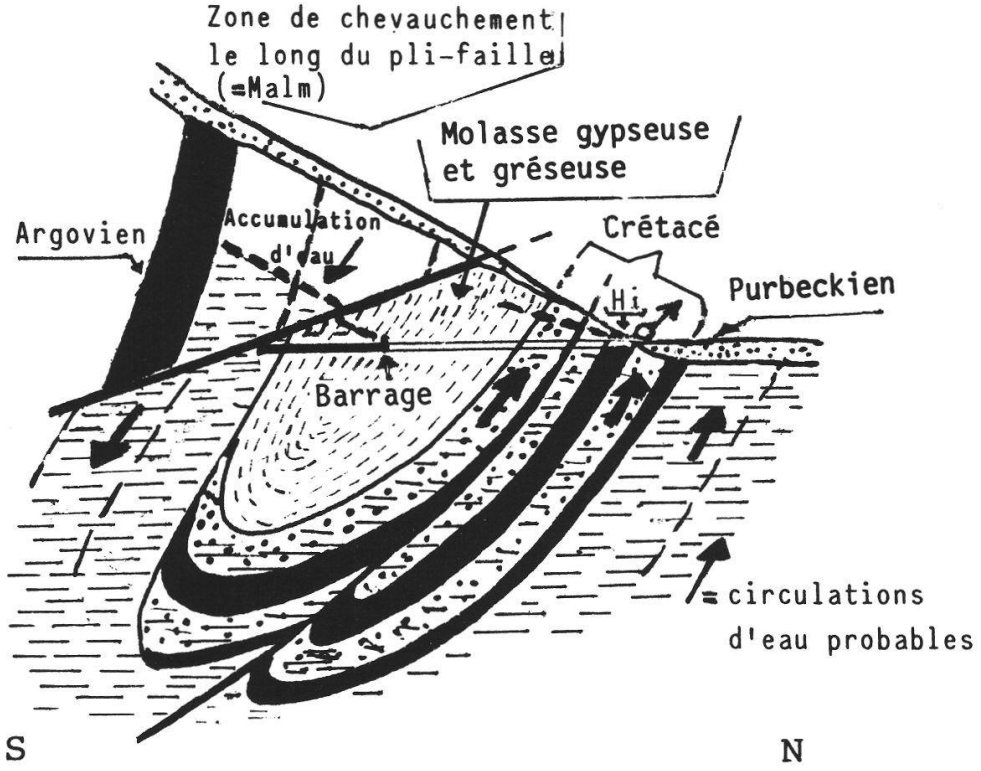

Fig. 6. Profil en long de la galerie de Pré-Dernier (d'après MEIA 1986).

d) *La source des Puries (Malm)*

La légère remontée axiale de l'anticlinal A1 qui s'amorce à Rochefort (MEIA 1969) est cisaillée par la cluse du Merdasson qui s'écoule de Rochefort à Boudry. L'ossature de l'anticlinal (Malm) est recouverte au sud par un placage de Crétacé, incliné d'environ 15°. Tout ce secteur est compliqué par la présence du décrochement de la Tourne, relayé en amont de Combe-Garot par le pli-faille de la Montagne de Boudry. Les travaux de BURGER (1959), STETTLER (1971) et MATTHEY (1976) ont mis en évidence en période d'étiage la complexité des circulations d'eaux souterraines et des lacunes qu'il reste encore à combler (fig. 7):

1. Les traçages de MATTHEY ont démontré que les sources des marno-calcaires de l'Argovien du cœur de l'anticlinal A2 s'infiltrent dans le Séquanien de la Mauvaise-Combe au-dessus de Rochefort, sur la trace du décrochement de la Tourne; elles réapparaissent en trois endroits de l'anticlinal A1 après avoir traversé le synclinal qui sépare A2 et A1 par des cheminements karstiques indéterminés:

   1er groupe (N° 2 sur la fig. 7): Résurgences temporaires supérieures du Merdasson, sur l'Hauterivien inférieur imperméable, à 590 m d'altitude. De nouvelles pertes sont localisées un peu en aval dans le Valanginien;

2e groupe (N° 3 sur la fig. 7): Résurgences inférieures pérennes du Merdasson sur la Molasse Oligocène à 540 m d'altitude. Ces résurgences livrent aussi bien de l'eau des sources supérieures que de celle des terrains sus-jacents à l'Hauterivien inférieur;

3e groupe (N° 5 sur la fig. 7): Source temporaire de la grotte du Gor-de-Brayes dans les calcaires valanginiens à environ 500 m d'altitude.

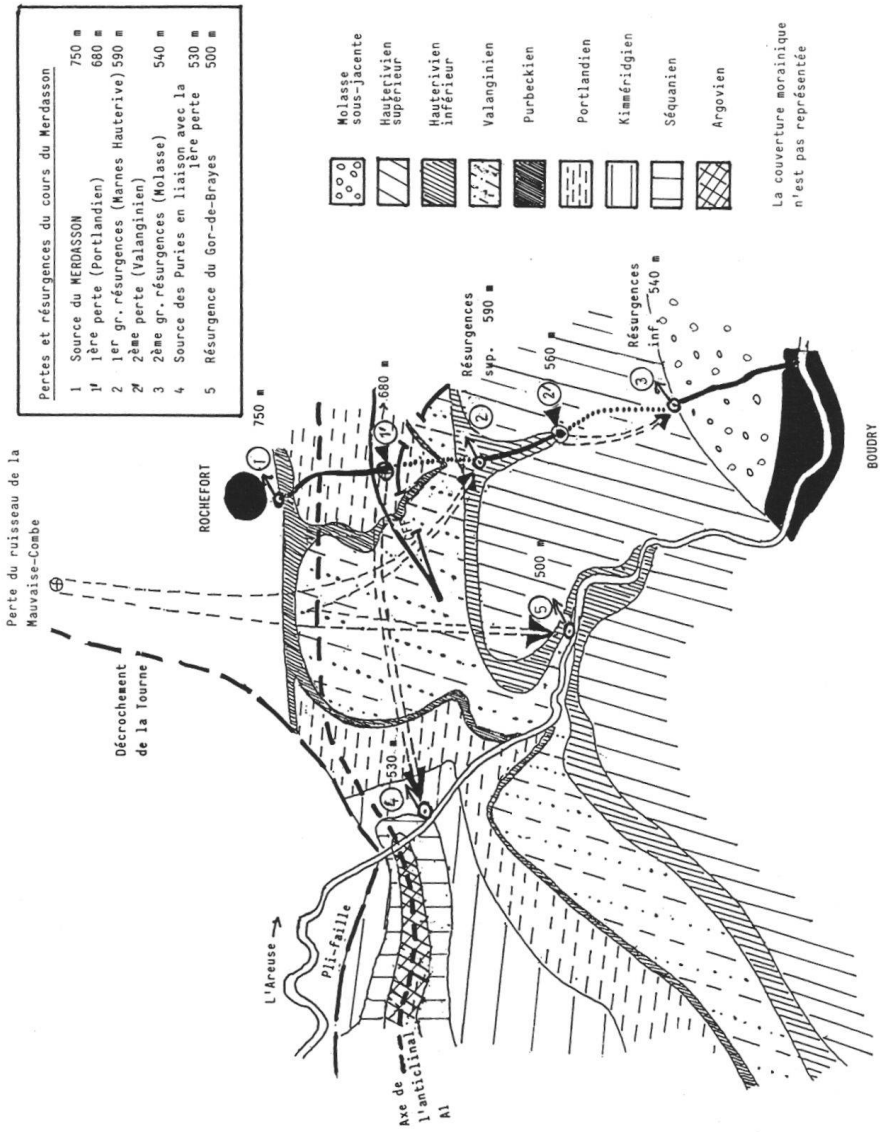

Fig. 7. Traçages au niveau du Merdasson à Rochefort — relation avec la source des Puries.

2. Les traçages effectués par MATTHEY et STETTLER, lors d'un étiage en 1971, dans la perte supérieure du Merdasson (Portlandien à environ 680 m d'altitude (N° 1′ sur la fig. 7)) ont permis de voir réapparaître le colorant après 50 h dans la source des Puries à 530 m d'altitude (N° 4) et à 2 km de distance à l'ouest, selon l'axe longitudinal de l'anticlinal A1. Aucune trace de colorant n'a été détectée dans les résurgences supérieures et inférieures du Merdasson en aval. Ces résultats confirment l'existence de deux systèmes hydrologiques sans relation entre eux: le système des pertes supérieures qui appartient incontestablement au Malm, alors que le système des pertes inférieures est probablement plus complexe, tout en ayant une relation certaine avec le Crétacé.

e) *Les infiltrations de la moraine du Creux-du-Van*

En 1974, dans le cadre d'une étude concernant les épandages de purin dans le voisinage de la Ferme-Robert, un traçage à la fluorescéine a été effectué par MATTHEY et STETTLER depuis l'égout du restaurant. Toutes les sources, naturelles ou captées sur la rive droite de l'Areuse, entre le pont de la Baleine et la galerie de Pré-Dernier, ont été mises sous surveillance (fig. 8). Le colorant est réapparu après 2 h déjà à 1 km de distance au pied de la moraine du Creux-du-Van, sur un affleurement de matériel fluvio-glaciaire argileux. D'autres sources plus en aval, en face du

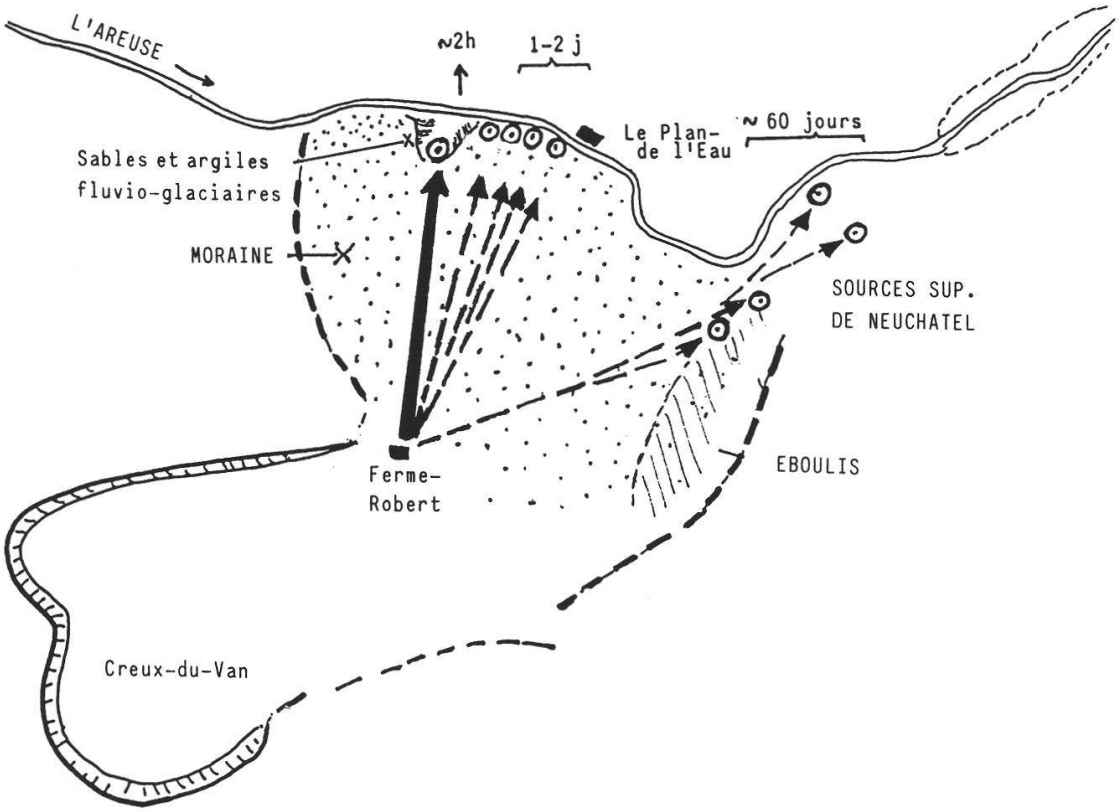

Fig. 8. Traçage dans la moraine du Creux-du-Van (1974).

Plan-de-l'Eau ont livré du colorant après 1 à 2 jours. Cette rapidité témoigne de la très grande perméabilité de ces matériaux. Du colorant est finalement réapparu aussi dans quatre sources supérieures de Neuchâtel, mais seulement après 2 mois environ; deux hypothèses peuvent être formulées à cet égard:

1. Très faible perméabilité de la bordure morainique est ou du Crétacé sous-jacent;
2. Le colorant a été amené dans les sources de Neuchâtel par la rivière, dont un cheminement souterrain influençant les sources supérieures par les multiples fissures du karst n'est pas à exclure.

Cette expérience, qu'on peut mettre en parallèle avec celle des Puries, témoigne de l'intense perméabilité de certains terrains des gorges, et fait réfléchir du même coup aux effets catastrophiques qu'une pollution chimique ou fécale anormale pourrait faire subir dans une zone de ce type.

5.2. **Aquifères et circulations d'eau souterraine hypothétiques**

a) *Les aquifères du Malm dans les gorges de l'Areuse (au niveau du thalweg)*

Ces aquifères qui sont les plus productifs du secteur, sont paradoxalement les moins connus, à quelques exceptions près (notamment la source des Puries). Les plus importants sont:

1. *Les sources du secteur Verrière - Eperon,* sur la rive gauche en aval de Champ-du-Moulin dans la zone d'influence de l'anticlinal A2. Si une alimentation partielle de ces captages provient du trop-plein de la nappe phréatique de Champ-du-Moulin (fig. 4), pour le principal on peut supposer que la zone d'alimentation la plus probable est comprise dans le secteur Brot-Dessous - Fretereules; il n'y a toutefois pas de certitudes, la tectonique de la région étant très complexe.
2. *Les sources de Combe-Garot,* à l'inflexion de l'anticlinal A1, sur la rive droite. Elles représentent probablement le drainage le plus profond et le plus extrême du Malm dans cet anticlinal; leur débit est toujours important même en étiage. Leur origine pourrait remonter en amont, au-delà de Noiraigue: soit au niveau de la charnière anticlinale Montagne de Boudry - Soliat, soit plus en contrebas dans le Val-de-Travers.
3. *Plusieurs sources supérieures, en amont de Champ-du-Moulin,* de part et d'autre de l'Areuse. Certaines sources de la rive droite pourraient provenir selon nos hypothèses, d'infiltrations du plateau de la Montagne de Boudry (région du Creux-du-Van), grâce à des fissurations de l'Argovien imperméable. Par contre, dans les secteurs Grand-Vy - Le Lessy, l'Argovien de l'anticlinal pourrait fonctionner comme zone de partage des eaux d'infiltration, qui peuvent s'écouler au sud vers le lac, ou au nord vers l'Areuse... voire encore à l'est vers Combe-Garot... Une alimentation de certains captages depuis l'aquifère de La Presta a même été soupçonnée en 1983.

En effet, un phénomène intéressant s'est manifesté en mars 1983, peu après l'arrêt du pompage de l'eau d'exhaure (environ 15 000 l/min) des mines d'asphalte de La Presta: un nombre absolument anormal de *Bacillus subtilis* (bactéries sporulées aérobies mésophiles), de l'ordre de 200 à 600 / ml, a été découvert au mois de mars lors d'un contrôle de routine dans quelques captages des sources supérieures du Saut-de-Brot les mêmes qui avaient «récupéré» le colorant de la Ferme-Robert.

En outre l'Areuse et les principaux puits de la nappe phréatique de Champ-du-Moulin en contenaient également. Ces bacilles qui résistent aux doses usuelles de chlore, sont par ailleurs fort heureusement inoffensifs. Ils ont progressivement diminué au cours du temps et en 1984 la situation est revenue à la normale.

Nous avons supposé que l'ennoyage des galeries boisées des mines d'asphalte, susceptibles de renfermer ce type de flore microbienne, avait provoqué cette infestation de l'eau. On peut formuler deux hypothèses à cet égard:

1. Influence directe des eaux de l'aquifère de La Presta, dont le trop-plein modifié se serait écoulé en partie jusqu'aux sources du Saut-de-Brot par voie souterraine: environ 5 à 6 km de distance à vol d'oiseau;
2. La décharge de l'aquifère perturbé des mines de La Presta s'est faite dans l'Areuse, laquelle par ses infiltrations au niveau du Saut-de-Brot a contaminé les captages.

b) *Les sources des versants d'altitude de la Montagne de Boudry*

BURGER (1987) signale que les principales sources du versant nord de la Montagne de Boudry, captées entre 800 et 1200 m d'altitude sont des sources qui ruissellent et débordent sur l'Argovien plus ou moins horizontal. C'est le cas notamment des sources de la Fontaine-Froide captées par Noiraigue et des sources de la Brûlée captées par Boudry.

Dans ce versant également, la source du Châble captée par Neuchâtel en-dessus de la Ferme-Robert et les sources de Treymont utilisées par Boudry présentent une minéralisation différente des eaux du Malm. Comme elles jaillissent au niveau de petites boutonnières du Dogger, on peut supposer qu'elles seraient en relation avec cet aquifère. Tout reste à faire dans ce secteur.

6. REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES PRINCIPALES CIRCULATIONS D'EAUX SOUTERRAINES CONNUES

Les principaux résultats des traçages des eaux souterraines sont consignés schématiquement sur la figure 9. Loin d'être exhaustifs, ils sont destinés à montrer les circulations d'eau à l'intérieur des anticlinaux bordiers nord et sud du Val-de-Travers, leur importance par rapport au système des gorges de l'Areuse et leurs relations avec ce dernier.

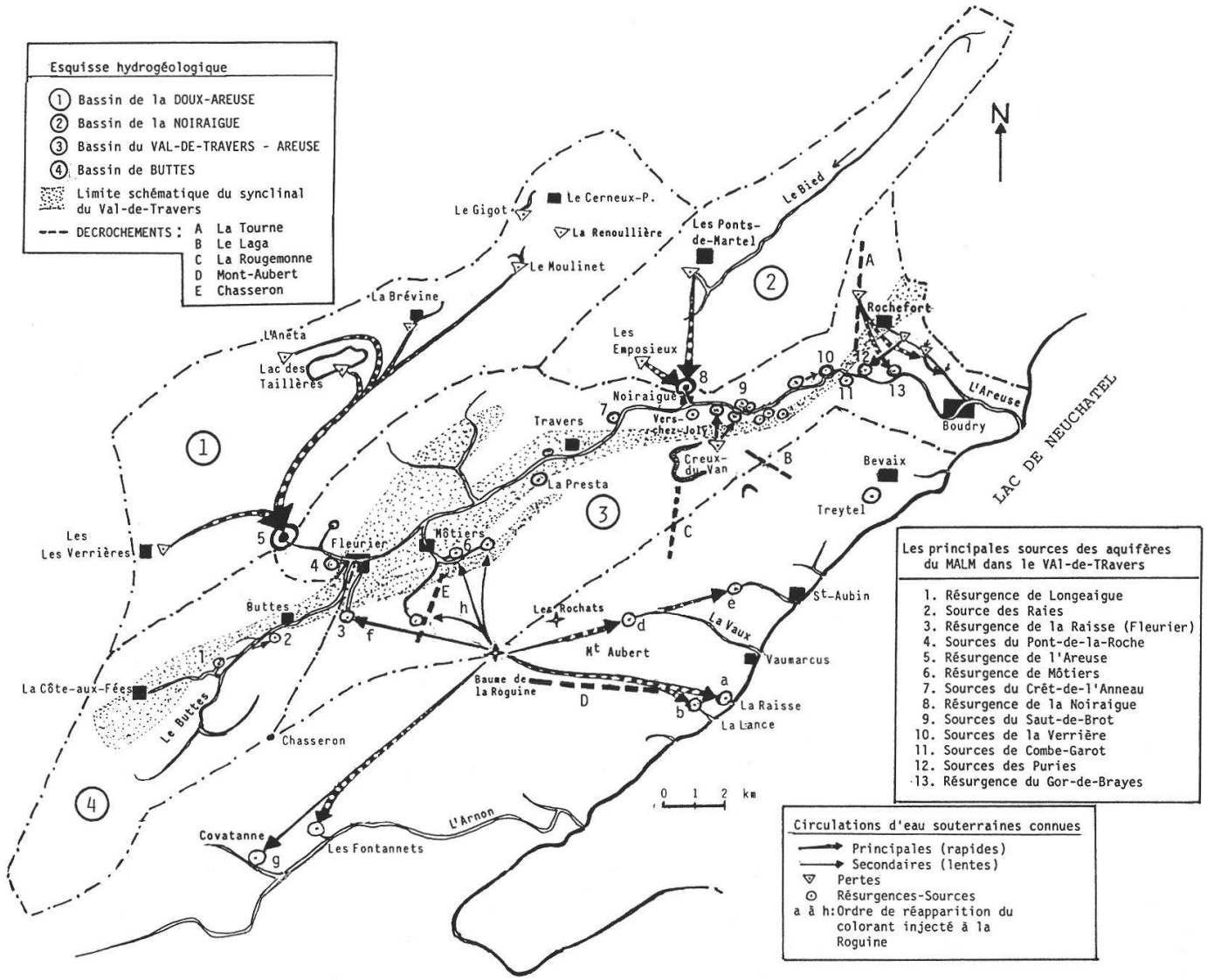

Fig. 9. Principales circulations d'eau souterraine dans la région de l'Areuse.

Les traçages majeurs ont été réalisés entre 1900 et 1904 par SCHARDT pour démontrer l'origine des sources de l'Areuse et de la Noiraigue, qui toutes deux jaillissent des calcaires séquaniens en bordure de la chaîne anticlinale nord. C'est ainsi que l'Areuse souterraine draine le synclinal de La Brévine depuis le Moulinet en récupérant au passage les infiltrations des emposieux de La Brévine, du lac des Taillères et de l'Aneta, sans oublier de l'autre côté l'emposieu de Belle-Perche à l'est des Verrières, qui alimente aussi l'Areuse. Mais il faut rappeler que les deux tiers de son alimentation proviennent du lac des Taillères. La Noiraigue est alimentée par le Bied des Ponts qui se jette dans l'emposieu de Martel-Dernier, ainsi que par des pertes situées plus à l'ouest. Des vérifications et des compléments à ces travaux ont été apportés par BURGER (1959), TRIPET (1972) et KIRALY (1973).

La chaîne anticlinale sud n'a vu son premier traçage spectaculaire qu'en 1983, probablement à cause de la complexité de ce système d'anticlinal ramifié avec le Mont-Aubert, et par l'absence de pertes importantes dans ce massif. La coloration a été effectuée dans la Baume de la Roguine par JEANNIN et WACKER (1984) et 80 % du colorant est ressorti en 2 points, La Raisse et La Lance, proches de Vaumarcus, à cause du décrochement du Mont-Aubert qui a joué un rôle de drain. Mais le colorant est aussi parti parallèlement à l'axe de A1 jusqu'aux sources des Fontannets et de Covatanne, ainsi que perpendiculairement à A1 dans le Val-de-Travers à Fleurier (La Raisse) et à Môtiers (le Riau, la Sourde et le Breuil). Cet essai a magistralement prouvé que le plateau de la Montagne de Boudry - Soliat représente une zone de partage des eaux d'infiltration influencée par les fractures tectoniques transversales.

Les traçages plus modestes du secteur des gorges de l'Areuse (la Verrière en 1955, le Merdasson en 1959, la source des Puries en 1971, la moraine du Creux-du-Van en 1974) ajoutent quelques pièces au puzzle de ce bassin complexe.

En définitive, on s'aperçoit que la circulation des eaux souterraines dans les massifs karstiques du Val-de-Travers est influencée par le cours aérien de l'Areuse et coule à peu près dans la même direction, y compris dans le secteur des gorges de l'Areuse. Les bassins synclinaux de La Brévine et des Ponts-de-Martel conditionnent, du fait de leur structure, un écoulement souterrain sans histoire sur l'Argovien, récupéré en totalité par l'Areuse, dont il fait intégralement partie. Toutefois, à cause du jeu de la topographie, une partie de ces circulations d'eau souterraine est inversée par rapport au cours de la rivière.

Par contre, les sommets de la chaîne anticlinale sud sont plus complexes et largement influencés par la tectonique : petits synclinaux et zones de fracture. Ils fonctionnent dès lors comme zone de partage susceptible d'envoyer les eaux d'infiltration du massif dans d'autres bassins que celui du Val-de-Travers et dans n'importe quelle direction.

7. TRAVAUX FUTURS

Dans le cadre du règlement d'exécution de la Loi sur la protection des eaux, du 18 février 1987, les communes ont un délai de 5 ans à partir de

sa mise en vigueur pour délimiter les zones de protection de leurs captages et de leurs aquifères, sur la base d'examens hydrogéologiques.

C'est la raison pour laquelle une communauté de travail pour l'étude des zones de protection dans les gorges de l'Areuse a été créée en mars 1988. Elle comprend les experts des services des eaux de La Chaux-de-Fonds, Neuchâtel, Boudry, Noiraigue et Brot-Dessous, ainsi qu'un bureau d'hydrogéologues-conseils, le Centre d'hydrogéologie de l'Université, le Service cantonal de la protection de l'environnement et le géologue cantonal.

Le territoire à investiguer d'entente avec les partenaires a été délimité en 5 secteurs d'études, à savoir (fig. 10):

Secteur 1. *Montagne de Boudry (A1) et son pourtour:* Cette zone de partage des eaux a été divisée en 3 blocs en fonction des secteurs délimités par les zones de fracture du Laga et de la Rougemonne. Le Centre d'hydrogéologie procède actuellement à des traçages tout à l'ouest de ce secteur aux Rochats.

Secteur 2. *Chaîne de Solmon (A2):* Il comprend tous les captages importants de la rive gauche des gorges de l'Areuse. En cours d'étude le secteur 2 sera élargi en 2′, si nécessaire pour voir s'il y a des correspondances avec le bassin de la Noiraigue.

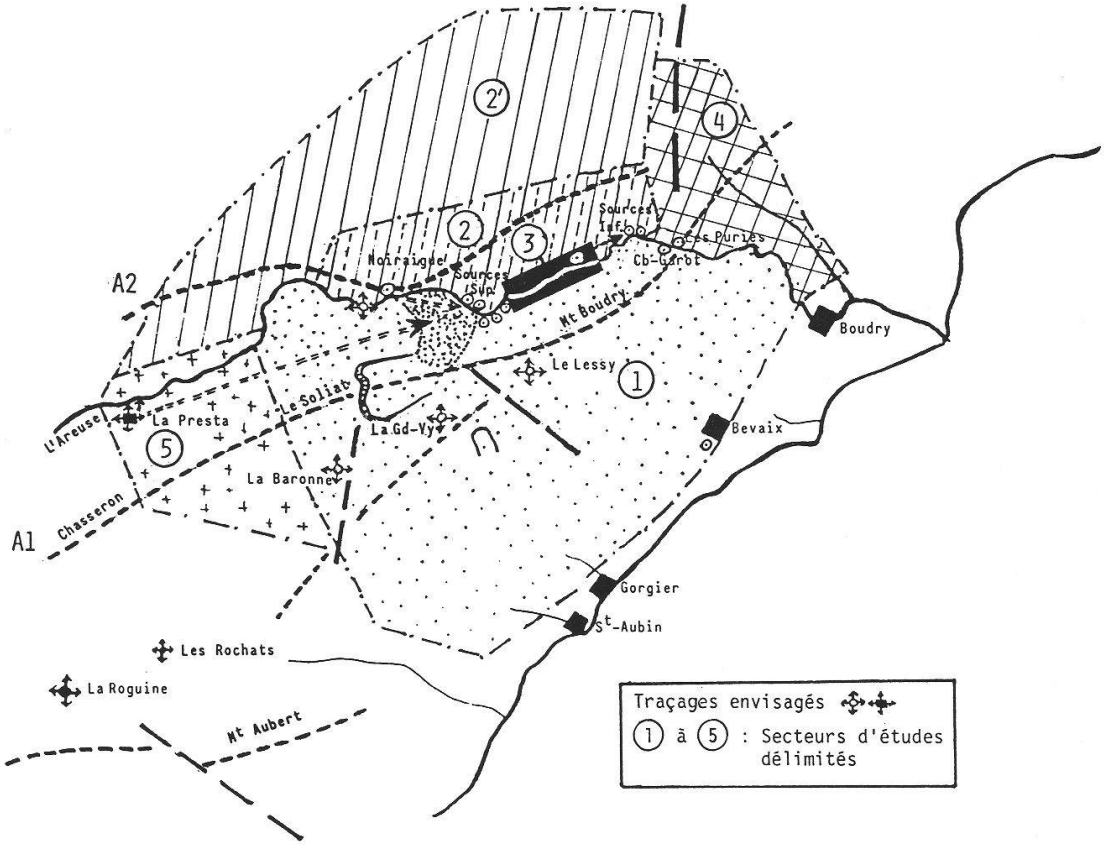

Fig. 10. Etude des zones de protection des sources et captages des gorges de l'Areuse.

Secteur 3. *Nappe des alluvions quaternaires de Champ-du-Moulin:* Ce secteur permettra d'étudier les relations de la rivière avec les nappes phréatiques situées entre Noiraigue et Champ-du-Moulin.

Secteur 4. *La Tourne, domaine oriental:* Tout le secteur en relation avec le décrochement de la Tourne, pour lequel les informations déjà connues devront être affinées.

Secteur 5. *La Presta, domaine occidental:* L'étude de ce terrain qui correspond à la limite occidentale des gorges de l'Areuse, est destinée à vérifier ou infirmer les liaisons entre les aquifères du Val-de-Travers et ceux des gorges. L'origine de l'eau souterraine récemment découverte par forage au-dessus de Noiraigue, sur la rive droite de l'Areuse sera investiguée à cette occasion.

Ce travail d'envergure devrait permettre de lever les interrogations qui subsistent sur le plan scientifique dans le domaine de l'hydrogéologie des gorges de l'Areuse tout en apportant des renseignements pratiques appréciables. Il sera complété en parallèle par une étude des hydro-électriciens (plan «Areuse 2000») qui souhaitent améliorer les prestations de certaines usines au fil-de-l'eau, tout en exploitant la rivière de manière plus équilibrée.

Pour terminer, il faut signaler que les études des zones de protection des communes situées en dehors du domaine des gorges de l'Areuse sont parties très fort: tant dans le Val-de-Travers que sur le versant sud de la Montagne de Boudry, en liaison avec le tracé de la future route nationale. Il reste à souhaiter qu'une synthèse scientifique de l'ensemble des résultats obtenus soit établie à leur terme.

Résumé

L'ossature géologique et tectonique des deux anticlinaux que sont la Montagne de Boudry au sud et Solmon - La Tourne au nord, séparés par un étroit synclinal, a conditionné tous les réseaux des aquifères des gorges de l'Areuse. On y distingue 4 systèmes hydrologiques principaux:

1. La nappe phréatique des alluvions quaternaires à Champ-du-Moulin;
2. Les exutoires du Crétacé dans le synclinal;
3. Les exutoires du Malm sur l'Argovien imperméable;
4. Les exutoires du Dogger au cœur des anticlinaux.

L'étude des aquifères de cette région passe par l'examen des grandes structures, en particulier celles du Malm et du Dogger. Certaines infiltrations et circulations mineures d'eau souterraine ont déjà été déterminées dans l'aire des affleurements locaux; toutefois les écoulements principaux sont à mettre en relation avec les grandes unités de ce karst. A cet égard les travaux concernant la définition des zones de protection des sources exploitées dans les gorges de l'Areuse, qui viennent de débuter, sont destinés à fournir de précieux renseignements.

Zusammenfassung

Die geologische und tektonische Struktur der beiden Antiklinalen, d. h. die des Montagne de Boudry im Süden und Solmon - La Tourne im Norden, getrennt durch eine synklinale Enge, hat das gesamte Wassernetz der Areuse-Schlucht bedingt. Vier hydrologische Hauptsysteme werden hier unterschieden:

1. Phreatisches Grundwasser aus den Quartäranschwemmungen in Champ-du-Moulin;
2. Wasserausgänge in der Kreideschicht im Synklinal;
3. Wasserausgänge oberhalb des Aargauischen Malm-Mergels;
4. Wasserausgänge des Doggers innerhalb der Antiklinalen.

Eine Untersuchung der wasserführenden Schichten in dieser Gegend bedingt ebenfalls eine Untersuchung der grossen Strukturen, besonders die des Malms und Doggers. Einige unbedeutende Infiltrationen und Kreisläufe unterirdischer Gewässer sind im örtlichen Ausstrichgebiet bereits näher bestimmt worden; die Hauptabflüsse jedoch sind im Zusammenhang mit den grossen Einheiten dieses Karsts zu sehen. Die gerade begonnenen Untersuchungen in der Areuse-Schlucht, die die Schutzgebiete der genutzten Wasserquellen festlegen sollen, werden sicher wertvolle Hinweise geben.

Summary

The geological and structural framework of the two anticlines who are the Montagne de Boudry at south and Solmon - La Tourne at north, both separated by a narrow syncline, controls all the aquifer networks in the Gorges de l'Areuse area. Four major hydrological systems have been defined:

1. The acquifer in the Pleistocene alluvial deposits at Champ-du-Moulin;
2. The points of discharge in the Cretaceous of the syncline;
3. The points of discharge on the impermeable Argovian beds of the Malm;
4. The points of discharge in the Dogger at the core of the anticlines.

Any analysis of the acquifers requires a preliminary study of the major structures, particularly those in the Malm and in the Dogger. Some infiltrations and minor groundwater circulations have already been determined locally where rocks outcrop. However, major flow patterns remain to be correlated to the larger units of this karst. A project aiming to define protection zones for tapped strings in the Gorges de l'Areuse region has recently been started and should provide much needed information.

BIBLIOGRAPHIE

AGUSTONI, J. G. — (1987). 1887-1987 Alimentation en eau de la ville de La Chaux-de-Fonds. *Gaz-Eaux-Eaux usées,* Revue de la Société de l'Industrie du Gaz et des Eaux 9: 551-560, *Zurich.*

BONNARD, D. — (1987). Alimentation en eau de la ville de Neuchâtel. *Ibid. 9:* 544-550.

BURGER, A. — (1959). Hydrologie du bassin de l'Areuse. 304 pp. *Thèse, Neuchâtel.*

— (1986). L'Hydrologie. *In:* Les Gorges de l'Areuse. 77-86, *Neuchâtel* (Ed. La Baconnière).

BURGER, A. – (1987). Itinéraires hydrogéologiques dans les Gorges de l'Areuse. *Gaz-Eaux-Eaux usées,* Revue de la Société de l'Industrie du Gaz et des Eaux 9: 561-568, *Zurich.*

JEANNIN, P. Y. et WACKER, C. – (1984). Coloration à la Baume de la Roguine, un remarquable exemple de diffluence dans le Jura plissé. *Cavernes, Bull. Sections Neuchâtel. Soc. Suisse Spéléo.* 1: 1-11, *Neuchâtel.*

KIRALY, L. – (1973). Carte hydrogéologique du canton de Neuchâtel. *Suppl. Bull. Soc. Neuchâtel. Sci. Nat.* 96.

MATTHEY, B. – (1976). Hydrogéologie des bassins de la Serrière et du Seyon. 324 pp., fig. et tabl. *Thèse, Peseux* (Repro-Service).

– (1986). Les ressources en eau du canton de Neuchâtel dans le cadre de l'aménagement du territoire (situation 1984). 324 pp., fig. et pl. *2205 Montezillon* (édité par B. Matthey).

MEIA, J. – (1969). Géologie du Mont-Aubert et de l'anticlinal Soliat - Montagne de Boudry au nord du lac de Neuchâtel. 69 pp. *Thèse, Université de Neuchâtel.*

– (1986). La Géologie. *In:* Les Gorges de l'Areuse: 51-76, 5 fig., 1 carte en couleur. *Neuchâtel* (Ed. La Baconnière).

SCHARDT, H. – (1904). Origine de la Source de l'Areuse (La Doux). Mél. géol. 5e fascicule. *Bull. Soc. Neuchâtel. Sci. Nat.* 32: 118-139, 2 pl.

SCHARDT, H. et DUBOIS, A. – (1902). Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). *Bull. Soc. Neuchâtel. Sci. Nat.* 30: 195-352, 20 fig., 4 pl., 1 carte géologique.

STETTLER, R. – (1971). Rapport interne du Service des eaux de la ville de Neuchâtel (non publié).

– (1986). Captage et conditionnement d'eau de boisson. *In:* Les Gorges de l'Areuse: 171-190, 10 fig., 13 tabl. *Neuchâtel* (Ed. La Baconnière).

– (1987). Qualité et traitement de l'eau de boisson distribuée dans les villes de Neuchâtel et de La Chaux-de-Fonds. *Gaz-Eaux-Eaux usées,* Revue de la Soc. de l'Industrie du gaz et des eaux 9: 569-586. *Zurich.*

TRIPET, J. P. – (1972). Etude hydrogéologique du bassin de la Source de l'Areuse. 183 pp. *Thèse, Université de Neuchâtel.*

Adresse de l'auteur: Laboratoire des eaux, Champ-Bougin 28, CH-2003 Neuchâtel, Suisse.