

**Direction des travaux
publics, des transports
et de l'énergie
du canton de berne**
Office des eaux et des déchets

Reiterstrasse 11
3011 Berne

Tél. 031 633 38 11
Fax 031 633 38 50

Carte du toit du rocher du canton de Berne Documentation



Date	:	25 juin 2018
Version	:	3
Numéro du document	:	DOCP 496'424
Statut	:	public
Classification	:	
Auteur	:	Christian Isenschmid
	:	

Table des matières

1	Niveaux thématiques	3
2	Affichages de la carte	3
3	Bases de données	3
4	Méthodologie	4
5	Marges d'erreur	4
6	Origine du toit du rocher et de sa représentation.....	5
7	Références bibliographiques	6

Remerciements

La carte du toit du rocher a été établie à partir des données du service Documents géologiques du canton de Berne par l'Institut de géologie de l'Université de Berne, avec l'appui du Fonds national suisse. La rédaction finale a été assurée par Regina Reber. La section Cartographie du Service géologique national a contribué aux travaux en mettant des documents complémentaires à disposition. La carte a pu être réalisée grâce à la division privée de l'Assurance immobilière du canton de Berne, qui a généreusement sponsorisé le projet. Nous remercions ces divers organismes pour leur soutien.

1 Niveaux thématiques

Toit du rocher sous forme de modèle matriciel (10 x 10 m), avec estompage du relief
Stratigraphie de la molasse du plateau

Épaisseur des dépôts quaternaires sous forme de modèle matriciel (10 x 10 m), avec regroupement par classes

Isohypses du toit du rocher (intervalle = 10 m)

Forages

Venues d'eau artésienne en roches solides

Indices de gaz naturel

Failles présumées (seulement dans le bassin molassique)

2 Affichages de la carte

- *Toit du rocher* avec les unités stratigraphiques de la molasse du plateau
- *Toit du rocher* avec estompage du relief et épaisseur des dépôts quaternaires selon dix classes
- *Sols de fondation avec regroupements* : trois classes d'épaisseur des dépôts quaternaires (0 à 5 m, 5 à 20 m, plus de 20 m).

Pour le Plateau et le Jura, la carte couvre la totalité du territoire. Pour les régions alpines, elle ne représente que les grandes vallées.

3 Bases de données

Le service Documents géologiques, rattaché à la Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie du canton de Berne, gère la base de données SousSol. Celle-ci contient les résultats de quelque 45 000 forages, dont 12 000 ont directement fourni les cotes du rocher. Ces renseignements proviennent des rapports établis lors d'investigations hydrogéologiques, d'analyses des sols de fondation, d'études de sites contaminés, de projets d'exploitation de la géothermie, etc. C'est surtout la forte multiplication, depuis le milieu des années 1990, des forages destinés à l'installation de sondes géothermiques qui a accru la quantité de données disponibles. A tel point qu'un essai pilote mené dans le cadre de travaux de master à l'Institut de géologie de l'Université de Berne a permis d'établir des cartes du toit du rocher pour les feuilles de Berne et de Worb de la carte nationale. Une compilation des données a ensuite été réalisée pour l'ensemble du Plateau suisse. En échange des données livrées, nous avons reçu l'extrait du canton de Berne sous forme de modèle matriciel avec des cellules de 25 x 25 m et de 5 x 5 m (Berne et Worb). Nous avons ensuite uniformisé l'ensemble pour disposer d'une matrice de 10 x 10 m.

4 Méthodologie

Les cartes géologiques indiquent des affleurements rocheux et des « roches sous faible couverture ». Pour les régions concernées, les isohypses de la surface du terrain ont été considérées comme isohypses de la partie supérieure du rocher. Dans les autres zones, où le rocher est recouvert de dépôts plus récents, le toit du rocher a été déterminé premièrement à partir des cotes du rocher provenant de notre base de données SousSol et, deuxièmement, à partir de la profondeur finale des forages n'ayant pas atteint le rocher. Entre ces divers points, nous avons complété les contours du toit du rocher en insérant logiquement les isohypses.

Les travaux de master ont révélé que les interprétations réalisées « manuellement » fournissent des représentations plus convaincantes que les procédés d'interpolation automatisés appliqués à des nuages de points. L'opération suivante a en revanche été menée à l'aide d'un logiciel ESRI standardisé : à partir du patron de lignes formé par les isohypses, le système Topo-to-Raster a pu établir le modèle matriciel du toit du rocher. Pour terminer, nous avons calculé la différence entre cote du modèle numérique du terrain et cote du toit du rocher afin d'obtenir l'épaisseur des formations quaternaires pour chaque cellule de la matrice.

5 Marges d'erreur

Les marges d'erreur concernent simultanément l'épaisseur des formations quaternaires et le toit du rocher, puisqu'un rapport mathématique existe entre ces deux grandeurs (cf. paragraphe ci-dessus).

La carte du toit du rocher indique l'épaisseur des formations quaternaires avec une fiabilité maximale là où la densité des forages fournissant les cotes du rocher est la plus élevée et où les formations quaternaires ne sont que très minces. Mais, en raison des dimensions (10 x 10 m) des cellules de la matrice obtenue par interpolation mathématique des isohypses du rocher (distances de 10 m), le pronostic reste entaché d'une incertitude de quelques mètres, même dans ces zones-là.

L'observateur est donc invité à évaluer lui-même la fiabilité sur la base des projections des points connus avec certitude.

L'incertitude et la difficulté à établir une cartographie s'expliquent principalement par les raisons suivantes :

- Le traçage d'isohypses du rocher à partir de quelques points connus laisse une grande place à l'interprétation, alors qu'un seul tracé existe dans la réalité.
- La dégradation d'une roche altérée en profondeur accroît la difficulté à déterminer la limite entre formation quaternaire et roche.
- Dans le cas de forages destructifs – qui sont la norme lors de l'installation de sondes géothermiques –, seuls les déblais de forage contenus dans le rinçage et les indications fournies par l'équipe du chantier permettent de déterminer le profil lithologique. Il est alors difficile de situer la limite entre roche et couche de couverture.
- Les coordonnées géographiques et les cotes de terrain imprécises sont chose courante dans les forages effectués avant 1970.
- Les isohypses de rocher très rapprochées dans les reliefs à forte pente peuvent fausser l'interpolation servant à obtenir une matrice.
- Les erreurs de saisie ou les valeurs manquantes dans la base de données SousSol déforment le relief du rocher. Elles présentent toutefois un avantage : la visualisation des données saisies fait de la carte du toit de relief un outil de l'assurance qualité.
- En cas de déplacement de grands volumes de sol, tels les glissements, les tassements et les éboulements de terrain, le tracé de la limite entre formation quaternaire et toit du

rocher est particulièrement incertain. Dans ces cas, nous avons renoncé à distinguer entre tassements et roche solide et admis des cotes de rocher proches de la surface.

6 Origine du toit du rocher et de sa représentation

L'intérêt pour le toit du rocher – le plus souvent enfoui – dans la zone préalpine a été suscité par quelques forages isolés qui ont révélé des cotes de rocher d'une profondeur inattendue¹. Entre ces sites qui ont attiré l'attention, la prospection géophysique menée dans les lacs subalpins puis dans les vallées du Plateau a levé le voile sur l'existence d'une suite de cuvettes et de seuils. Chaque nouvelle méthode d'exploration et de datation a contribué à faire la lumière sur ces vallées anciennes, mais aussi révélé qu'elles sont le résultat de processus progressifs et complexes. La recherche avait d'emblée attribué à l'érosion glaciaire l'existence de creux très profonds dans le sous-sol rocheux, et observé que ces traces étaient en général alignées sur les axes des deux grands glaciers, dont les modestes reliquats occupent aujourd'hui les alentours des sources de l'Aar et du Rhône. Durant l'ère glaciaire, ces glaciers se rejoignaient toutefois près de Berne et ont laissé des traces aux formes très variées dans le relief rocheux de la région. Malgré les nombreux forages réalisés dans cette région, il s'avère cependant difficile de reconstituer les processus sous-jacents et d'en visualiser le résultat. En effet, contrairement à l'érosion fluviale qui forme un talweg continu, l'érosion glaciaire est nettement plus irrégulière.

Les dernières phases de l'histoire de la Terre, à savoir les épisodes glaciaires et les périodes chaudes interglaciaires provoquant la fonte des eaux, ont eu une influence sur le toit du rocher. Pour permettre l'extension des glaciers, il fallait une montagne qui puisse entraver la circulation atmosphérique et intercepter les précipitations pour les stocker sous forme de neige et de glace. Les forces du sous-sol à l'origine de la création des Alpes ont eu autant d'impact sur la transformation de la surface terrestre que la décomposition et l'érosion.

Pour mettre en évidence le rôle des déformations tectoniques du sous-sol, nous avons complété, en juin 2018, la carte du toit du rocher avec la nouvelle couche de données relative à la stratigraphie de la molasse. Nous avons distingué, à l'aide de polygones de couleur, les différentes unités stratigraphiques qui forment le toit du rocher dans le Mittelland bernois. Pour ce faire, nous avons pu nous appuyer sur les travaux préliminaires réalisés dans le cadre du projet GeoMol. Le nom fait référence au bassin molassique, le bassin d'avant-pays alpin. Ce projet international regroupant les pays alpins de la France à la Slovénie a permis de décrire, selon des critères uniformes, les formations stratigraphiques du bassin molassique et de les illustrer sous forme de couches en trois dimensions. Dans l'extrait bernois du bassin molassique, qui s'étend du front de chevauchement alpin au pied du Jura, trois couches superposées du toit du rocher sont représentées : de bas en haut (de la plus ancienne à la plus récente), on trouve la molasse d'eau douce inférieure (USM), la molasse marine supérieure (OMM) et la molasse d'eau douce supérieure (OSM). Ces couches comblaient à l'origine l'intégralité du bassin molassique avant qu'elles ne se soulèvent et glissent vers les Alpes lors d'une phase tardive de l'orogénèse alpine. Compte tenu de la pente, les dépôts les plus récents de la molasse d'eau douce supérieure se sont fortement érodés si bien qu'aujourd'hui, il n'en reste en grande quantité plus qu'en Emmental. La molasse marine supérieure a elle aussi été en grande partie victime de l'érosion et il n'en subsiste que sur une ligne au sud passant par Thörishaus - Berne - Berthoud - Melchnau. Le fait que le bord d'érosion de l'OMM (limite entre les couches USM/OMM) traverse en diagonale le Mittelland et notamment la région de Berne est une chance pour la géologie régionale. Cet horizon

¹ Tels les forages n°600/198.84, 607/193.30, 590/216.31, 610/221.1, 594/205.2, 598/199.152.

marque la dernière présence de la mer dans notre région il y a environ 20 millions d'années et est à considérer comme un changement significatif dans le milieu de dépôt, même dans les profils de sondes géothermiques plutôt schématiques. Enfin, le tracé de la limite USM/OMM nous a amenés à introduire un autre niveau thématique dans la carte du toit du rocher : les zones de ruptures présumées permettent de mettre en évidence des contacts anormaux entre des couches ainsi que des dépressions linéaires marquantes dans le toit du rocher. Ces zones de ruptures présumées et les relations stratigraphiques des couches de molasse donnent ainsi des informations sur le champ de contraintes tectonique dans l'avant-pays alpin.

7 Références bibliographiques

- Ergebnisse reflexionsseismischer Untersuchungen im Thunersee. A. MATTER, A.E. SÜSSTRUNK, K. HINZ, M. STURM (1971). *Eclogae geol. Helv.* 64/3
- Reflexionsseismische Untersuchungen im Brienersee. A. MATTER, D. DESSOLIN, M. STURM, A.E. SÜSSTRUNK (1973). *Eclogae geol. Helv.* 66/1
- Übertiefe Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura. CH. SCHLÜCHTER (1976). *Eiszeitalter und Gegenwart* 29
- Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. M. WELTEN (1982). *Beitr. geol. Karte der Schweiz N.F.* 156
- Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). M. WELTEN (1988). *Beitr. geol. Karte der Schweiz N.F.* 162
- Carte des isohypses de la base des sédiments du Quaternaire en Suisse occidentale, avec quelques commentaires. A. PUGIN (1988). *Landeshydrologie und -geologie, Geologische Berichte Nr.* 3
- Eiszeitliche Trogbildungen im Raum Bern. U. GRUNER (1993). *Mitteilungen naturforschende Gesellschaft Bern N.F.* 50
- Modellierung der Felsoberfläche in der Region Bern (Kartenblatt 1166 Bern, 1:25'000). M. -DÜRST (2009). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Modellierung der Felsoberfläche in der Region Bern (Kartenblatt 1167 Worb, 1:25'000). R. REBER (2009). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Subglacial tunnel valleys in the Alpine foreland : an example from Bern, Switzerland. M. DÜRST STUCKI, R. REBER, F. SCHLUNEGGER (2010) *Swiss Journal of Geosciences* 103
- Glazial übertiefe Talabschnitte zwischen Solothurn und Aargau. CH. GNÄGI (2011) *Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft des Kantons Solothurn* 41
- Die USM/OMM-Grenze im Raum Bern. D. ERNST (2012). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Séismes: Cartes des classes de sols de fondation. Réalisation et utilisation (2016) BAFU *Connaissance de l'environnement*
- GeoMol: Geologisches 3D-Modell des Schweizer Molassebeckens - Schlussbericht. (2017) *Berichte der Landesgeologie* 10