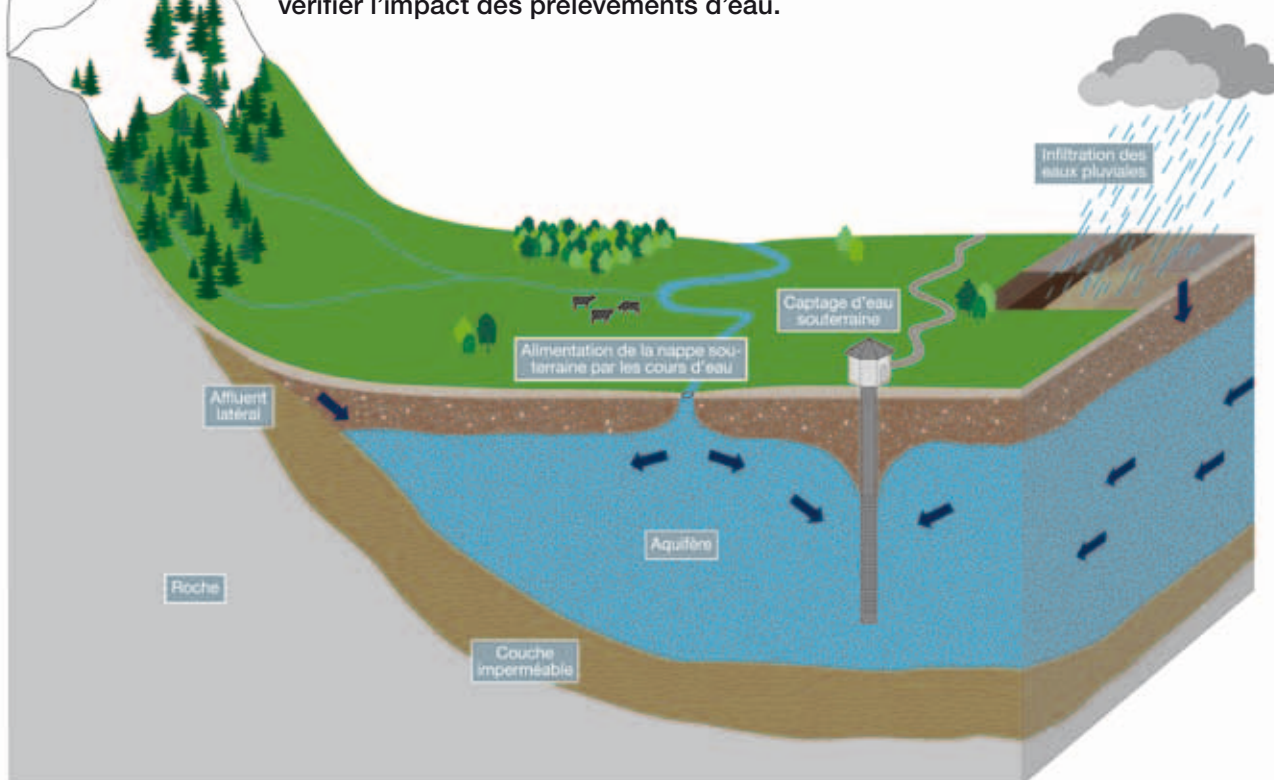


## Comment se faire une idée réaliste des ressources en eaux souterraines?

Une modélisation complète la carte des eaux souterraines

La protection et l'utilisation des eaux souterraines passent par une connaissance approfondie de ces ressources et de leur comportement. Pour en savoir plus en la matière, l'OED a modélisé les eaux souterraines du Bas-Emmental dans le cadre d'un projet-pilote. Fondé sur les données fournies au fil des décennies lors de forages et par les stations de mesure, le modèle élaboré fournit une bonne vue d'ensemble. La représentation réaliste des nappes souterraines permet d'actualiser périodiquement la carte et de vérifier l'impact des prélèvements d'eau.



Dans le canton de Berne, 96 pour cent de l'eau potable provient de l'eau souterraine et de sources. La moitié environ est issue de captages d'aquifères dans les roches meubles.

La loi cantonale sur l'utilisation des eaux charge l'OED d'assurer la protection qualitative et quantitative de ces ressources vitales et d'élaborer les bases nécessaires à leur utilisation rationnelle. Entre 1968 et 2004, de vastes études sur le terrain ont permis à l'office de recueillir de précieuses informations sur les nappes d'eaux souterraines du canton de Berne. Les résultats de ces travaux ont été publiés dans une série de rapports (Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern). A partir de 2003, certaines de ces études, résumées, sont parues sous

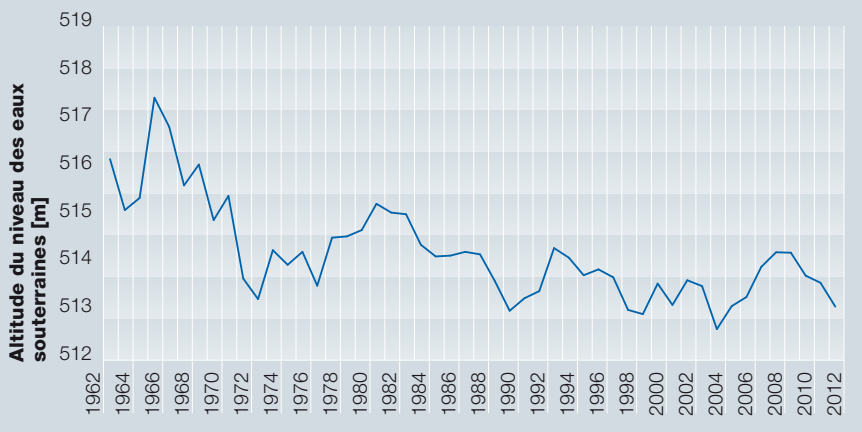
le titre de Carte des gisements d'eau souterraine sur le géoportail du canton.

### Pas de mise à jour exhaustive

Les utilisateurs partent de l'idée que les informations publiées sur Internet sont correctes et correspondent aux connaissances les plus récentes. Or la mise à jour des données représente un défi. Depuis la parution des rapports d'étude, l'OED n'a pas été en mesure d'actualiser régulièrement toutes les données sur les diverses nappes souterraines. De plus, certains aspects, pourtant essentiels à l'application de la législation, ne font l'objet d'aucune publication. Il n'existe par exemple pas de carte des profondeurs du niveau piézométrique (qui indique l'épaisseur de la couche de

Nappe d'eau souterraine située dans un fond de vallée et alimentée en continu par l'infiltration des précipitations, des affluents superficiels et souterrains et des eaux fluviales à travers la berge. Aux alentours du captage, le prélèvement fait baisser le niveau de la nappe.

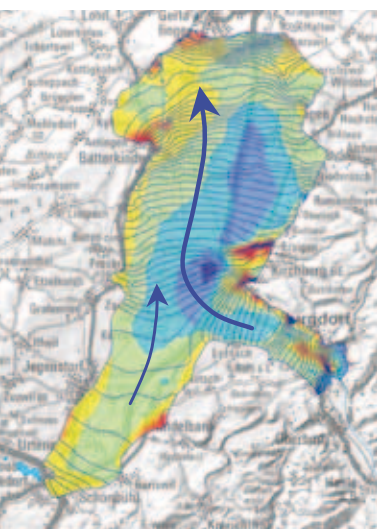
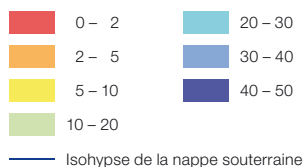
### Niveau eaux souterraines au nord-ouest de Berthoud



Enregistré par une station de mesure près de Berthoud, ce tracé montre que le niveau des eaux souterraines subit de fortes variations dans cette région. Le modèle mathématique permet de décrire leurs causes.

terrain entre la surface du sol et le niveau de la nappe souterraine). Or un modèle mathématique et quelques outils SIG suffiraient pour combler ces lacunes. Ils permettraient même de connaître l'évolution de certains paramètres (niveau de la nappe, p. ex.) dans le temps.

#### Épaisseur de l'aquifère [m]



Dans le fond des vallées du Bas-Emmental, que les glaciers de l'Aar et du Rhône ont rempli de sable et de gravier il y a des milliers d'années, les nappes d'eaux souterraines atteignent jusqu'à 50 mètres d'épaisseur (bleu foncé).

### Les avantages des modèles mathématiques

Pour appliquer la législation, il importe souvent de posséder des indications détaillées sur les zones d'eaux souterraines et sur leurs propriétés. Lorsque de telles informations existent, elles ne sont en général que ponctuelles, car elles proviennent de forages ou de stations de mesure. Or un modèle mathématique permet de les réunir en un ensemble cohérent et de fournir une image réaliste des réserves d'eaux souterraines.

En généralisant des processus naturels, de tels modèles fournissent une foule de détails sur le comportement spatial et temporel des nappes souterraines. Le défi consiste à identifier les phénomènes importants et à les intégrer de manière adéquate dans le modèle. Pour interpréter les valeurs qui déterminent la dynamique des eaux souterraines (alimentation directe de la nappe par les précipitations ou par l'interaction avec les eaux superficielles, infiltration et exfiltration, etc.), il faut non seulement connaître l'hydrogéologie, mais aussi disposer de résultats de mesure.

Un modèle bien étalonné permet à la fois de surveiller et de prévoir le comportement des eaux souterraines. Outre l'actualisation de diverses données de la carte des eaux souterraines, il peut aussi faciliter les tâches suivantes:

- estimation de l'impact de prélèvements d'eau industrielle ou potable;
- collecte d'informations sur l'évolution du cadre général, sous l'effet d'événements extrêmes ou du changement climatique;
- prévision de l'impact d'une intervention au niveau des cours d'eau sur les eaux souterraines;
- délimitation de bassins versants et de zones de protection;
- évaluation des risques en cas d'accident ou inhérents à des sites pollués;
- clarification des effets de l'utilisation de chaleur sur la nappe phréatique;
- planification de programmes de surveillance et d'étude sur le terrain;
- interprétation de grandeurs mesurées dans la nature, tel le niveau des eaux souterraines et la qualité des eaux;
- élaboration de modèles locaux, plus précis (analyses du sol, pompes à chaleur, etc.);
- modélisation des températures et du transport de substances.

### Projet-pilote dans le Bas-Emmental

L'Emmental joue un rôle crucial pour l'alimentation en eau potable et industrielle. Alors que certaines stations signalent, depuis des décennies, que le niveau des eaux souterraines s'abaisse, les eaux sont toujours plus utilisées, notamment pour la récupération de chaleur. Afin de mieux connaître les phénomènes en jeu et d'identifier rapidement toute baisse de qualité et de volume des nappes, l'OED a élaboré un modèle mathématique pour la région du Bas-Emmental. Le projet-pilote a aussi servi à mettre au point une procédure pour actualiser de manière systématique la carte des eaux souterraines publiée sur Internet.

Les limites latérales de la zone modélisée et la profondeur de l'aquifère ont été four-

nies par les forages; d'autres paramètres provenant de modèles antérieurs. A partir des données de base à disposition, les spécialistes ont pu définir un modèle d'écoulement sur le long terme, qui tient compte des principales spécificités de l'aquifère.

### De nouveaux produits cartographiques en vue

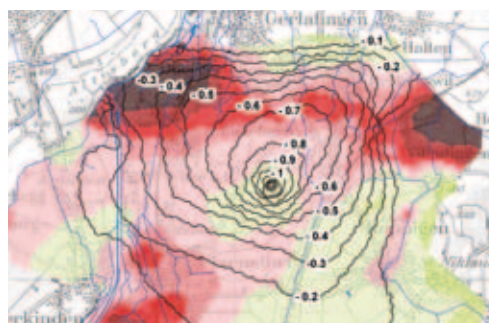
Grâce à ce projet-pilote, l'OED a démontré que des modèles d'eaux souterraines permettent d'élaborer et d'actualiser les produits cartographiques. Des cartes spécifiques (niveau des eaux souterraines, hauteur du niveau piézométrique et épaisseur de l'aquifère) ont été établies pour divers niveaux des eaux (élevé, moyen et bas). Ces cartes servent de base à d'autres produits, comme la carte de protection des eaux souterraines et la carte d'exploitation thermique des nappes souterraines. La récente carte de fluctuation des eaux souterraines indique la différence entre les niveaux maximum et minimum des eaux souterraines, ainsi que les variations locales de leur niveau; une information des plus utiles pour planifier de futurs prélèvements d'eau industrielle.

### Simulation d'un prélèvement d'eaux souterraines

Le modèle permet à l'OED non seulement de représenter et d'analyser l'état de la situation au moment où le modèle a été établi, mais de prévoir aussi les évolutions futures. Il est possible de simuler l'écoulement des eaux dans le temps et l'espace et d'évaluer par exemple l'impact d'un nouveau prélèvement, comme dans la région d'Utzenstorf, où un tel projet a déjà été évoqué dans les années 1970. A l'aide du nouveau modèle, l'OED a évalué l'effet qu'un pompage de 20 000 litres par minutes aurait sur les ruisseaux issus de l'exfiltration de la nappe souterraine. Leur existence dépend en effet de l'influence qu'exercera un prélèvement supplémentaire lorsque le niveau de la nappe souterraine est faible.



Situation lorsque le niveau des eaux souterraines est faible.



Abaissement en cas de prélèvement supplémentaire de 20 000 l/min.

Il ressort de la simulation que les conséquences se feront surtout sentir sur les eaux superficielles de la région Zieblebach-Obergerlafingen-Recherswil, où les ruisseaux de sources tariraient rapidement. S'il faut vraiment envisager un prélèvement supplémentaire dans le Bas-Emmental, le modèle en place servira à optimiser son emplacement en tenant compte de différents critères.

Le modèle des eaux souterraines du Bas-Emmental a été achevé fin 2012. Au cours d'une prochaine étape, il sera étendu aux nappes souterraines de tout l'Emmental, puis l'OED examinera la possibilité de l'utiliser pour d'autres régions.

**Rolf Tschumper, division Entreprises et gestion des déchets, section Eaux souterraines et sites pollués**

#### Hauteur du niveau piézométrique [m]

< 0	3 – 5
0 – 1	5 – 10
1 – 2	10 – 20
2 – 3	

— Abaissement [m]

La modélisation révèle comment un prélèvement de 20 000 litres d'eau par minute influencerait sur le niveau des eaux souterraines dans la région d'Utzenstorf. Le net abaissement de la nappe menacerait plusieurs ruisseaux de sources.