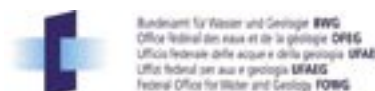


Du levé géologique à la cartographie numérique



Mario SARTORI* – Pascal ORNSTEIN* – Cédric MÉTRAUX* – Andreas KUEHNI**

* CREALP : Centre de recherche sur l'environnement alpin, Sion (Suisse)

** OFEG: Office fédéral des eaux et de la géologie, Service géologique suisse, Berne

Présentation des entités

Le Centre de recherche sur l'environnement alpin de Sion (*Crealp*) est une passerelle entre le monde académique et le monde de la pratique et des services administratifs dans le domaine des sciences de la Terre et de l'hydrologie. Il fait œuvre de pionnier depuis 15 ans dans la détection et la gestion des dangers naturels. Dans ce but, il développe depuis plusieurs années, en collaboration avec le Service géologique national, une approche novatrice en matière de cartographie géologique en proposant une méthodologie et les outils associés permettant au travers de l'outil SIG de gérer toute la chaîne de production des cartes géologiques depuis le levé de terrain jusqu'à la réalisation de la carte géologique et de cartes thématiques orientées « métier ».

La mission prioritaire du Service géologique national suisse (OFEG/SGN) est la réalisation de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000. Pendant que se poursuit la production des cartes imprimées de grande qualité, le SGN veut répondre aux besoins

des praticiens, des administrations et des chercheurs en offrant des produits cartographiques numériques performants en terme de potentiel d'analyse. Une méthodologie de production des cartes 1:25 000 centrée sur une approche SIG est en cours d'élaboration en collaboration avec le Crealp.

Cartes géologiques et SIG

L'approche SIG présente un potentiel d'analyse et de valorisation considérable pour les données géologiques. Cette évidence, reconnue par tous, ne se traduit pour l'instant que par peu de réalisations concrètes dans le domaine des cartes géologiques. Des versions numériques de ces cartes sont souvent proposées sous forme de produits raster géoréférencés (cartes-pixel) qui ne répondent pas pleinement aux besoins des utilisateurs en termes de géotraitement et d'analyse spatiale. Parmi les raisons qui expliquent ce retard, la complexité et la richesse du contenu des cartes géologiques jouent un rôle important et constituent à ce titre un défi pour une exploitation de ce type de données au travers de l'outil SIG.

La carte géologique traditionnelle concentre en deux dimensions, parfois en trois (formations géologiques superposées) une gamme d'informations de natures très diverses (lithologique, chronologique, structurale, morphologique...) et de type spatial varié (données ponctuelles, linéaires, surfaciques). Chaque objet cartographié recèle une grande richesse sémantique qui se révèle lorsque l'on tente de concevoir les bases de données spatiales et tabulaires qui permettent de modéliser dans un SIG l'information contenue sur la carte géologique.

Des solutions doivent être trouvées aussi bien pour modéliser l'information extraite à partir de cartes existantes que pour celle consignée dans les levés cartographiques inédits. Dans ce dernier cas, la solution SIG doit également permettre la production de nouvelles cartes papier avec une qualité équivalente aux cartes produites à travers une chaîne d'édition classique.

La méthodologie présentée ici est adaptée au processus de traitement complet de la carte géologique, du levé de terrain à l'édition finale sous forme numérique et imprimée. Le concept de

base de données tabulaires qui est développé en parallèle n'est pas abordé.

Construction du SIG géologique

Le modèle de données sous-jacent au SIG géologique se doit de répondre à un certain nombre de contraintes fortes, notamment :

- Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte géologique ;
- Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leur signification géologique ;
- Établir une méthode de construction topologiquement « propre », (p.ex. au niveau de la superposition de lignes dans différents thèmes) mais néanmoins rationnelle en terme de coût de production ;
- Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.

Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet, par exemple avec la réalisation d'un écorché permettant de définir en tout point la nature présumée du substratum rocheux.

Architecture du modèle spatial

Le modèle de données proposé consiste en une base de données spatiale multicouches permettant l'élaboration de la carte géologique par superposition de différents plans d'information. Cette approche implique la séparation de l'information géologique de base en différents thèmes c'est-à-dire en ensemble d'objets géologiques homogènes ayant un même type spatial. L'information « pseudo-3D » contenue dans la carte géologique et dans l'écorché tectonique est rendue par la superposition de thèmes de type polygones (« substratum rocheux ») et « formations superficielles », par exemple). Des thèmes de type

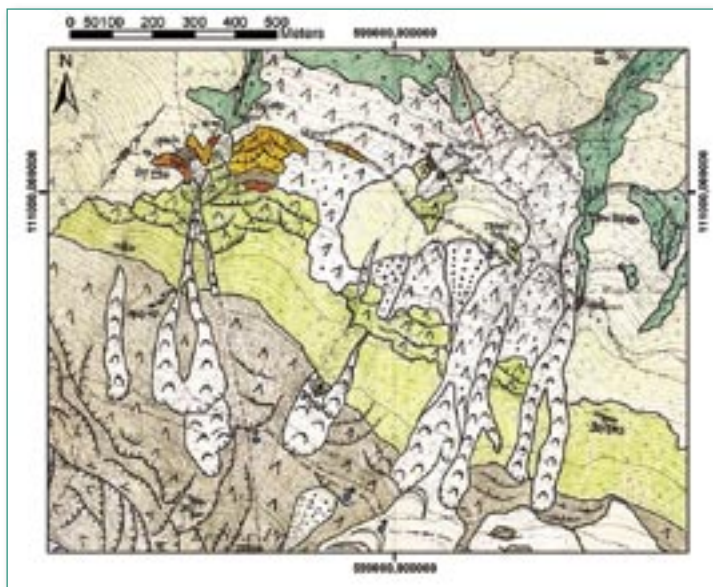
lignes (« éléments structuraux », « éléments morphologiques ») et de type points (« symboles orientés », « symboles non orientés », « forages », etc.) complètent l'information.

Méthode de construction du SIG

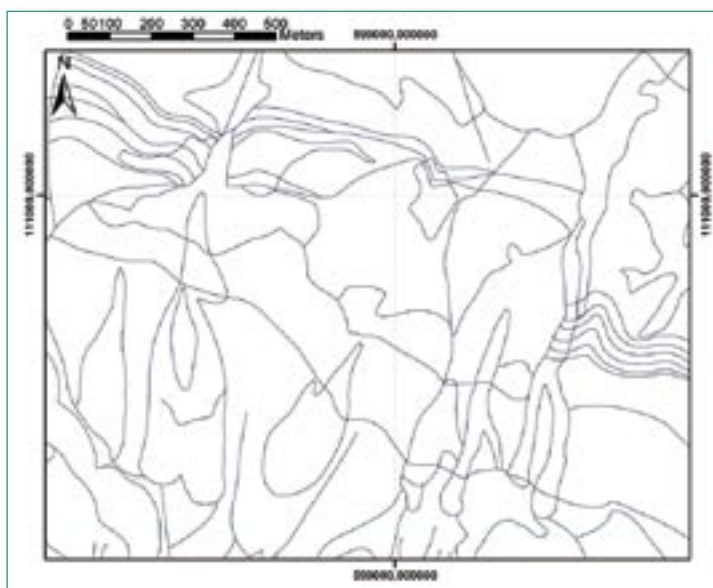
Schématiquement, une carte géologique est constituée de surfaces auxquelles sont attribués des codes de couleur permettant de distinguer les différentes unités de terrains. La réalité est cependant plus complexe. Chaque surface est circonscrite par des segments de lignes qui sont les

« objets (briques) élémentaires » de la carte. Certaines de ces lignes cumulent plusieurs significations géologiques (limite d'affleurement, niche d'arrachement et limite de tassement rocheux par exemple). Dans le SIG, chaque ligne appartiendra à un ou plusieurs thèmes, comme élément constitutif de polygones ou comme élément linéaire à signification structurale ou morphologique.

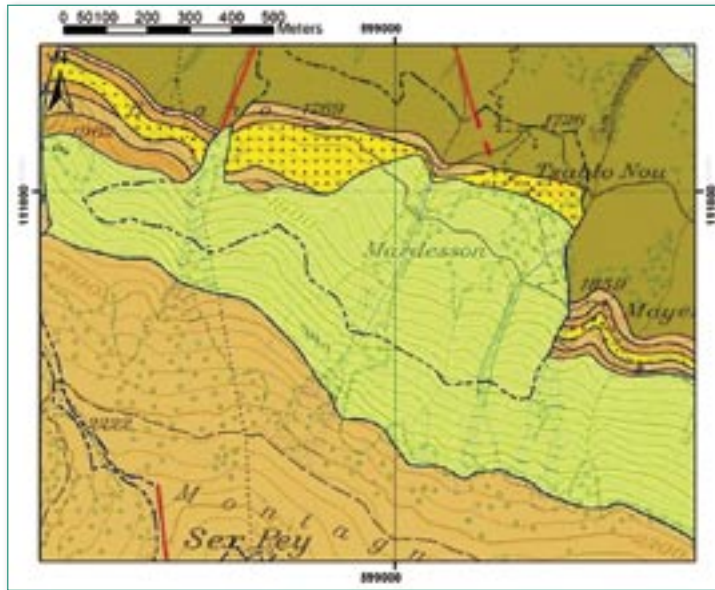
La méthode développée consiste à numériser toutes les lignes de la carte géologique dans un seul thème de construction. Chacune de ces lignes reçoit une attribution simple ou multiple en fonction de son appartenance aux différents



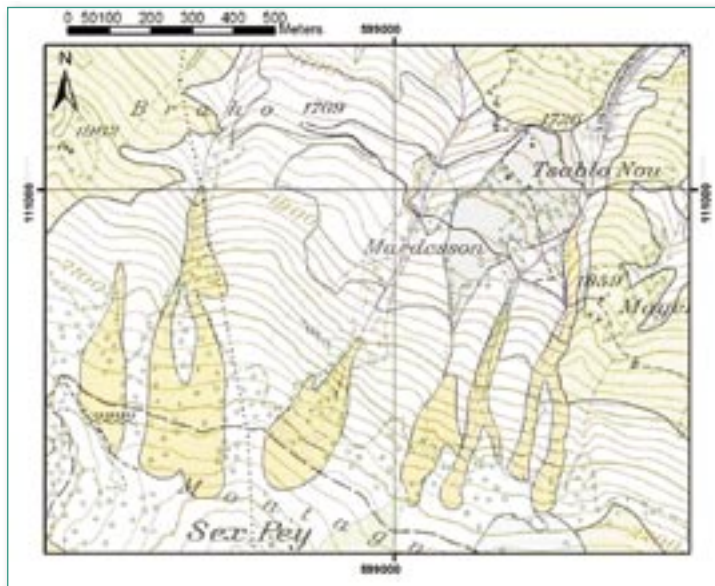
Exemple de minute géologique de terrain comprenant les données de base.



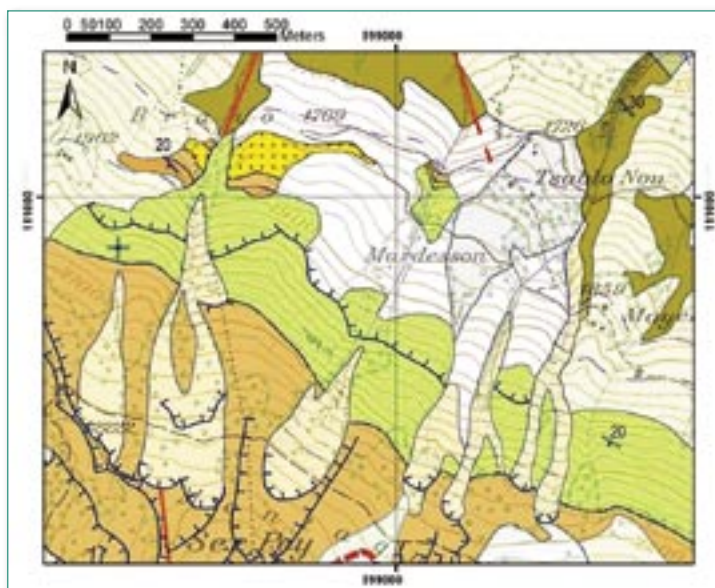
Ensemble des lignes de la carte géologique vectorisé dans un thème de construction.



Polygones construits à partir des lignes importées dans le thème « substratum rocheux ».



Polygones construits à partir des lignes importées dans le thème « terrains superficiels ».



Carte géologique obtenue par superposition des thèmes du SIG.

thèmes constitutifs de la carte géologique. Ces attributs reflètent la ou les fonctions géologique(s) de chaque objet levé par le géologue sur le terrain.

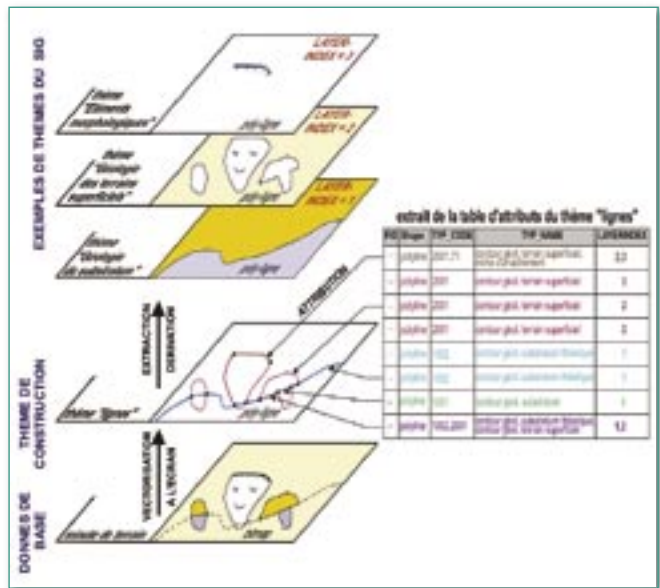
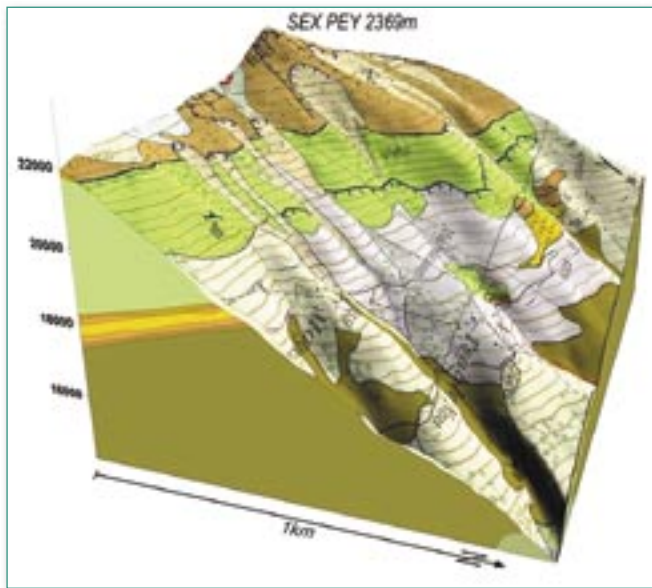
L'attribution discriminante des lignes dans le thème de construction permet d'extraire de manière semi-automatique les éléments de base des différents thèmes de type ligne et polygones. Une opération topologique est encore nécessaire pour générer les surfaces et leur conférer une attribution spécifique. Une procédure itérative intégrant tests de validation, corrections et reconstructions géométriques permet par ailleurs de garantir la cohérence topologique et sémantique du SIG.

Attribution, représentation et validation

La nécessité d'attribuer, parfois de façon multiple, un grand nombre d'objets serait un obstacle à la mise en œuvre de cette méthode si un outil spécifique (baptisé *Toolmap*) n'avait pas été développé. *Toolmap* offre sous ArcGIS (ArcMap) une palette d'outils disponibles sous forme de menus, de boutons, de listes à choix, de formulaires permettant de construire et d'attribuer les points, les lignes et les polygones qui figurent les différents objets géologiques dans le SIG.

Cet outil permet également de représenter automatiquement les signes, orientés ou non, avec leurs symboles officiels à partir d'une police de caractères spéciale créée à cet effet. Il intervient aussi dans les processus de validation topologique et sémantique et dans l'extraction des lignes.

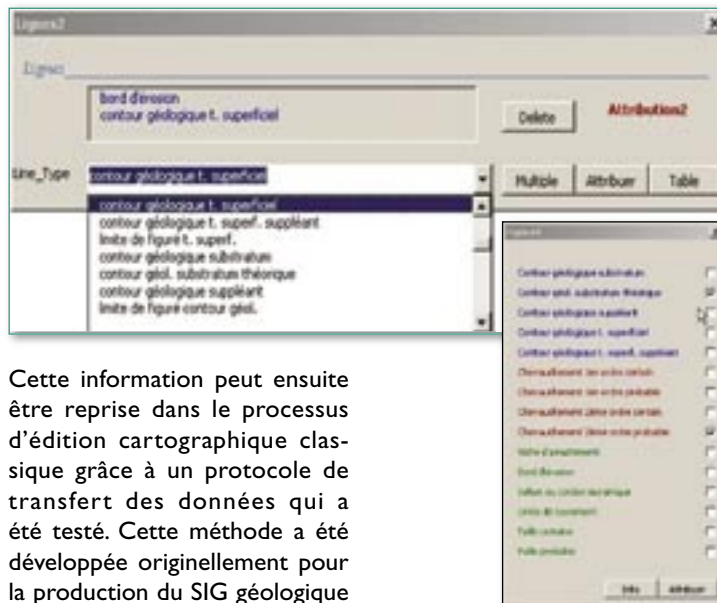
Bien que destiné à l'origine à l'implémentation d'un SIG géologique, sa conception ouverte et sa richesse fonctionnelle font de *Toolmap* un outil tout à fait adapté à d'autres domaines de cartographie.



Conclusions et perspectives

La méthode et les outils mis au point par le *Credap* et le Service géologique national suisse permettent de placer le SIG au centre du processus de production des futures cartes géologiques et donc de constituer le noyau analytique et évolutif de l'information géologique.

Le géologue cartographe peut directement traduire les données de terrains dans le SIG en les confrontant, à tous les stades de production de la carte (levé, numérisation), à d'autres produits géoréférencés tels que MNT et orthophotographies.



Cette information peut ensuite être reprise dans le processus d'édition cartographique classique grâce à un protocole de transfert des données qui a été testé. Cette méthode a été développée originellement pour la production du SIG géologique à partir des données cartographiques de terrain, mais elle a pu être facilement adaptée à la vectorisation et au transfert sur SIG des cartes déjà publiées.

La conception et l'implémentation future d'une véritable géodatabase est un autre défi qui doit être tenu pour permettre de gérer l'information sur une large échelle.

Ainsi implémenté, le SIG géologique devrait offrir à terme une méthode d'acquisition et une plate-forme d'édition commune pour les futures cartes de l'Atlas géologique suisse.

Il offrira par ailleurs un outil d'analyse et de mise à jour à même de répondre aux besoins d'un large public allant de l'étudiant au décideur en passant par le chercheur et le praticien. ■

