

Géologues

REVUE OFFICIELLE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
Geosciences appliquées



La cartographie et la modélisation

Géologues

DIRECTEUR DE PUBLICATION :
Sylvain CHARBONNIER

RÉDACTEUR EN CHEF :
Marc BLAIZOT

CHARGÉ DE MISSIONS :
Gérard SUSTRAC

COMITÉ DE RÉDACTION :

- SECTION GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR
Marc BRISEBARRE
Marianne CHAHINE
Denis FABRE
- SECTION EAU
Jean-Pierre FAILLAT
Anthony LE BEUX
Lahcen ZOUHRI
- SECTION GÉOPHYSIQUE
Antoine BOUVIER
Christian HERISSON
Jean-Marc MIEHE
- SECTION SUBSTANCES MINÉRALES
Michel JÉBRAK
Christian POLAK
Véronique TOURNIS
- SECTION ÉNERGIE
Jean-Jacques JARRIGE
Alain MASCLE
Valérie VÉDRENNE
- SECTION ENSEIGNEMENT ET RECHERCHE
Christian BECK
Roselyne FRIEDENBERG
Didier NECTOUX
Cyril SCHAMPER

MISE EN PAGE ET COUVERTURE :
COM'IN - 45000 ORLEANS

*Géologues est la revue officielle de la
Société Géologique de France.
Géosciences Appliquées.
Association loi de 1901, fondée en 1830
et reconnue d'utilité publique par
Ordonnance du Roi du 3 avril 1832.*

SIÈGE SOCIAL :

77, rue Claude Bernard - 75005 PARIS
Téléphone: 01 43 31 77 35
Télécopie: 01 45 35 79 10
E mail: accueil@geosoc.fr
Site Internet : www.geosoc.fr

Imprimé en France par
CHEVILLON IMPRIMEUR
89101 SENS

Commission paritaire
CPPAP n°0120G82626
Tirage: 700 exemplaires
Dépôt légal à parution



Marc Blaizot¹,
Rédacteur en chef
de « Géologues »



Alain Mascle²,
Membre de la section Énergie
de « Géologues »

C'est, bien sûr, à dessein que nous avons, dans ce nouveau numéro de *Géologues*, réuni les termes « cartographie » et « modélisation ». Dans notre esprit et dans les articles rédigés ici par de nombreux auteurs que nous remercions pour leur implication et leur soutien inestimable à la revue, ces deux termes ne sont nullement contradictoires ou même opposables, mais au contraire, se font depuis quelques décennies, formidablement « écho ». C'est donc la main dans la main, en ayant en tête la devise « *cum mente et malleo* » (avec l'esprit et le marteau) qui a soutenu la création de la carte géologique de la France dès son origine, que nous vous proposons la lecture de « La Cartographie et la Modélisation ». Vecteur d'informations essentielles tout à la fois pour la géologie fondamentale et aussi pour la géologie appliquée, la carte géologique, quelle que soit son échelle, n'a cessé d'évoluer grâce à de nombreuses révisions depuis les premières cartes du XIX^e siècle. La carte de la Grande Bretagne (« *the Big Map* ») réalisée par William Smith pour améliorer le suivi des exploitations minières (fer ou charbon) et le tracé des canaux, ou celle de la planète, tentée par Ami Boué pour relier les grands domaines géologiques du Vieux et Nouveau Monde, procèdent chacune des mêmes motivations pédagogiques : **faire comprendre et réunir**.

Par ailleurs, nous sommes entrés progressivement, sans nous en apercevoir, depuis quelques décennies, dans une époque marquée par « l'explosion » de la cartographie numérique et des modélisations 3D. Nous essayons, dans ce numéro, de comprendre ce qui s'est passé et ce qui va émerger dans ces domaines dans les années qui viennent. La mise en place d'un nombre considérable de satellites et maintenant de drones et de véhicules sous-marins avec leurs radars et leurs caméras embarqués d'un côté et les progrès simultanés de l'informatique et du calcul numérique de l'autre, ont par l'introduction du « Big Data », transformé en profondeur nos métiers. Ces nouvelles technologies nous permettent de dépasser les contraintes inhérentes à une carte qui devient, par nature, progressivement obsolète : fond topographique et données de surface évolutives, difficulté à séparer observation et interpolation, évolution des affleurements et surtout des idées. Car, comme l'écrit fort bien Maurice Guédon dans le remarquable « À propos des cartes géologiques »³, « la cartographie géologique... est l'expression, par un dessin, de ce qui a été vu et donc comme tout dessin, est le fruit d'une interprétation ». Les SIGs et la modélisation 3D sont de bons moyens pour palier ces contraintes, sans détruire le caractère esthétique et le plaisir liés à l'ouverture d'une carte papier qui devient la couche première du modèle 3D, comme le propose le nouveau Référentiel Géologique de la France (RGF) ! Ces enrichissements nous permettent d'aller plus loin dans une interprétation régionale ou locale, **à la fois dans l'espace mais surtout dans le temps, passé et futur**, et en particulier de modéliser l'évolution des terrains et les mouvements des fluides : ils replacent ainsi géochimie, géophysique, hydrogéologie et géotechnique au cœur de la géologie. Bien modéliser, c'est comme bien carter : ce n'est pas un problème d'outils mais de validation de données d'entrée, de méthodes et d'intelligence. Un modèle, comme une carte, doit être fidèle, pour en particulier bien reconstituer le passé ou alors, la modélisation du futur sera, à coup sûr, erronée, mais il doit être aussi utile pour le décideur, c'est-à-dire, en même temps, simple et intégrateur : des défis permanents.

C'est le philosophe et scientifique Alfred Korzybski (1879-1950) qui disait « La carte n'est pas le territoire ». Soyons convaincus que **la carte, tout autant que le modèle, n'est pas le terrain**. Même si cartes et modèles numériques sont désormais incontournables, il est important que les enseignants stimulent l'esprit critique des étudiants pour qu'ils échappent à la fascination naturelle qu'exercent écrans et modèles, outils de travail nécessaires pour, au mieux, approcher ou simuler le monde réel.

C'est donc, en ayant en tête de rassembler toutes nos compétences et aussi tous les étudiants géologues qui doivent continuer à « user et abuser » du terrain et de la cartographie, dans un numéro utile et utilisable par tous, que nous avons conçu ce numéro de « *Géologues* » !

1. Courriel : marc.blaizot@laposte.net

2. Courriel : mascle.alain@laposte.net

3. www.geol-alp.com/varietes/cartes_geol.html

4 ÉVOLUTIONS RÉCENTES DE LA CARTOGRAPHIE

Cartographie et Système d'Information Géographique (SIG)..... 4	<i>François Bouillé</i>
Une carte géologique du monde ? 12	<i>Interview de Philippe Bouysson réalisée le 01/03/2016 par Marc Blaizot</i>
Retour d'expérience sur la carte géologique à 1/50 000 de la France métropolitaine et perspectives d'avenir 15	<i>Philippe Rossi</i>
Le Référentiel Géologique de la France (RGF) et l'actualisation des cartes géologiques au 1/50 000 20	<i>Jean-Marc Lardeaux</i>
La cartographie des sols en France 22	<i>Bertrand Laroche, Joël Moulin, Anne C. Richer-de-Forges</i>
La cartographie et les systèmes satellitaires : quelques applications récentes 27	<i>Mioara Manda</i>
METIS, un projet R&D de géophysique globale (acquisition-traitement-imagerie-interprétation) en temps réel. Pour une meilleure cartographie et modélisation 3D des chaînes de montagne 31	<i>Équipe METIS</i>
NAOMI, un projet R&D de télédétection pour la cartographie, l'identification et la quantification des hydrocarbures de surface : les hydrocarbures vus du ciel ? 36	<i>Par Total E&P - Stratégie Croissance & Recherche : Dominique Dubuca, Véronique Miegebielle, Xavier Watremez, Anthony Creodz, Cédric Taillandier et Florent Bertini et l'ONERA : Pierre-Yves Foucher et al.</i>
L'interférométrie radar au service de la cartographie et de la surveillance des mouvements du sol. Application à l'étude des déformations dans le bassin de Neuquén (Argentine) 40	<i>Josselin Berthelon, Thomas Maurin, Damien Dhont, Carles Couso Vila, Fifamè Koudogbo, Jacopo Allievi et Anne Urdiroz</i>

48 ÉVOLUTIONS RÉCENTES DE LA MODÉLISATION

La modélisation géologique 3D : un outil pour la cartographie 48	<i>Simon Lopez, Cécile Allanic, Gabriel Courrioux, Bernard Bourguin, Philippe Calcagno, Séverine Caritg, Sunseare Gabalda</i>
Écoulements triphasiques dans les bassins sédimentaires 54	<i>Clémentine Meiller, Julien Coatleven, Nicolas Maurand, Xavier Guichet</i>
La modélisation par réseaux de neurones : une nouvelle vision de la recharge de l'aquifère du Lez (Hérault, France) 59	<i>Anne Johannet, Line Kong-A-Siou, Virgile Taver, Thomas Darras, Valérie Borrell, Marc Vinches, Séverin Pistre et Dominique Bertin</i>
De la reconstitution numérique 3D d'affleurements au modèle de réservoir : une approche intégrée 68	<i>Rémy Deschamps, Brigitte Doligez, Julien Schmitz, Philippe Joseph, Sébastien Rohais, Matthieu Pellerin, Rhiannon Jones</i>
Construction d'un modèle réservoir 3D par méthodes sismiques. Exemple d'un aquifère proche de la surface 72	<i>Jean-Luc Mari et Gilles Porel</i>

77 LA CARTOGRAPHIE SOUS-MARINE

Les apports du programme EXTRAPLAC à la cartographie et à la connaissance géologique du domaine minier guyanais 77	<i>Roland Vially</i>
Les AUV, une réponse polyvalente aux thématiques de cartographie sous-marine 83	<i>Sébastien Ghis et Clément Blaizot</i>
Cartographie des risques pour les infrastructures en domaine côtier 89	<i>Aline Rabain et Christian Hérisson</i>

93 CARTOGRAPHIE ET MINE

Cartographie et imagerie de l'infiniment petit appliquées à l'uranium 93	<i>Marc Brouand</i>
Cartographie prédictive pour l'exploration des ressources minérales 98	<i>Guillaume Bertrand, Bruno Tourlière, Mario Billa, Jean-Michel Angel, Daniel Cassard</i>
L'apport de la technologie Lidar embarquée sur drone pour l'exploitation des carrières et mines à ciel ouvert 105	<i>Emmanuel Pizzo et Anne Vincent</i>
Les contraintes appliquées à l'estimation d'un gisement calcaire plissé en exploitation 109	<i>Nicolas Monnin, François Le Moal</i>

113 CARTOGRAPHIE ET AMÉNAGEMENTS

Les cartes de l'Inspection générale des Carrières de Paris 113	<i>Marc Brisebarre</i>
Modélisation géologique et géotechnique à l'échelle de la ville - Exemple de Pessac (Gironde) 116	<i>Antoine Marache</i>
Cartographie des risques de glissements de terrain pour les autoroutes de l'Est du Maroc 120	<i>Abdelkrim Derradji, Lionel Lorier, Mohammed Sahli, Denis Fabre, Pierre Breul</i>
Le nucléaire et la transformation numérique 122	<i>Gérard Sustrac, avec l'aide de Boris Le Ngoc (SFEN), Catherine Dalverny (AREVA Projets) et Anthony Papalia (AREVA NP)</i>