

# Géologues

REVUE OFFICIELLE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE  
*Géosciences appliquées*



***Les grandes perspectives  
en géosciences au XXI<sup>e</sup> siècle***

**- Tome I -**



Marc Blaizot<sup>1</sup>,  
Rédacteur en chef  
de "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**

Patrice CAUMARTIN  
Michel JÉBRAK  
Christian POLAK  
Véronique TOURNIS

• **SECTION ÉNERGIE**

Brigitte DOLIGEZ  
Jean-Jacques JARRIGE  
Alain MASCLE  
Valérie VÉDRENNE

• **SECTION ENSEIGNEMENT ET RECHERCHE**

Christian BECK  
Roselyne FRIEDENBERG  
Didier NECTOUX  
Cyril SCHAMPER

**MISE EN PAGE ET COUVERTURE :**

Jean-Claude MANCHON - ORLÉANS

*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](mailto:accueil@geosoc.fr)

Site Internet : [www.geosoc.fr](http://www.geosoc.fr)

Imprimé en France par  
CHEVILLON IMPRIMEUR  
89101 SENS

*Commission paritaire  
CPPAP n°0120G82626  
Dépôt légal à parution*

C'est en fait à un triptyque auquel nous vous convions à travers ce numéro spécial 200 de "Géologues", retenant l'idée que vous lecteurs, aviez émise dans notre enquête de 2017<sup>2</sup>, suggérant à travers la rédaction d'un numéro spécial, de s'intéresser, **aux grandes perspectives et aux grands programmes de recherche** dans les domaines des Géosciences au XXI<sup>e</sup> siècle. Nous tenterons donc, en 3 volumes successifs, dédiés respectivement au contexte global et aux outils du futur (Mars 2019), aux ressources, aux risques et à la géotechnique (Juin 2019) et à l'eau (Septembre 2019), de répondre à cette question : **quelle géologie au XXI<sup>e</sup> siècle ?**

Une première réponse serait sans nul doute, **une géologie à... distance**. C'est ce que tente de montrer les articles de ce premier numéro qui en surprendront ou même, en feront... frémir plus d'un d'entre nous. Mais avec une population estimée à 11 milliards d'individus en 2100, bien des manières de faire et de vivre vont changer.

Satellites, drones, véhicules autonomes sous-marins, rovers martiens, réseaux souterrains, tunneliers, forages dirigés, et surtout HPC<sup>3</sup>, IA<sup>4</sup>, megadonnées, ces nouveaux outils dessinent-ils la géologie du XXI<sup>e</sup> ? Une géologie à distance car **lointaine**, celle des planètes et du fond des océans ou « **invisible** », car souterraine pour loger toute ces populations principalement urbaines dans cette zone critique où vit l'humanité. Ceci transformerait déjà de manière majeure, le métier qui pourrait être encore plus fondamentalement modifié par l'arrivée des robots, des algorithmes ! Robots qui prendraient part à, feraient même l'interprétation des données, encore considérée aujourd'hui comme le cœur du métier ? Feraient naître de nouvelles corrélations, de nouveaux principes, de nouveaux analogues qu'on pensait il y a encore dix ans, être **l'apanage de l'intelligence, implicitement humaine**. Mais des robots nourris par les données interprétées par les géologues depuis plusieurs générations, **l'acquisition et le traitement des données devenant alors le nouveau cœur de métiers** ? On en verra un exemple spectaculaire mais troublant, dans l'article sur le projet TOTAL-Google (p. 94, Fig. 2) qui montre déjà que l'algorithme est capable de faire aussi bien, sinon mieux, que le géologue. Nous sommes probablement **devant une modification profonde** comme l'a été l'arrivée de la géophysique ou de la géochronologie, il y a 50 ans comme le rappelle Alain Perrodon et qui vient une nouvelle fois, des progrès dans l'art militaire dont la problématique majeure est, comme en géologie, de décider dans ou malgré l'incertitude, d'augmenter la sécurité sinon l'invulnérabilité de son camp.

L'enseignement va aussi en être révolutionné : il ressemblera comme à la Renaissance, à une mobilité incessante physique, comme pour les étudiants qui passaient de Bologne à Oxford puis à Paris ou Salamanque..., ou plus virtuelle, à travers un vaste réseau de cours à distance, suivis « auprès » des meilleurs enseignants, où qu'ils soient.

Cependant, l'espionnage ne peut pas être fait que depuis l'espace et les drones ne peuvent gagner toutes les batailles au sol ; il faut toujours des Kurdes pour « finir » le travail, et « achever » la cartographie, car *in fine*, pas de géologie sans contrôle terrain. Il faudra en effet, contrôler le travail des robots mais bien des activités géologiques, autrefois majeures et créatrices de valeur, vont disparaître ou en tout cas s'affadir.

Par contre, pas de Big data ou d'apprentissage machine, sans énorme puissance énergétique, fossile, fissile ou intermittente pour alimenter ces extraordinaires machines, sans minerais rares ou moins rares pour produire nos cartes mémoires et la kyrielle de nos objets connectés, et sans eau pour refroidir cet immense nouveau monde numérique. **Énergie, minerais, eau, géotechnique : Monde ou mondes de géologues s'il en est !** comme nous le verrons dans les deux ... prochains numéros ! Belle et heureuse année à tous, avec "Géologues" !

1. Courriel : [marc.blaizot@gmail.com](mailto:marc.blaizot@gmail.com)

2. Voir "Géologues" n°197. Juin 2018. Pages 4-5.

3. High Performance Computing.

4. Intelligence Artificielle. Voir "Géologues" n° 190. Septembre 2016. Pages 113-116.

Photo de première de couverture :

Météorite de Vigarano (1910, Italie). Chondrite carbonatée primitive de l'âge du système solaire : 4,5 Ma ;  
Crédit photo : Eloïse Gaillou, Musée de minéralogie MINES ParisTech.

## 4 ACTUALITÉS

## 12 NOTES DE LECTURE

## 13 INTRODUCTION - CONTEXTE GLOBAL

De la géologie aux géosciences :  
rapide retour sur les principales découvertes  
en sciences de la Terre au XX<sup>e</sup> siècle ..... 13  
*Alain Perrodon*

La Zone Critique : ou comment faire « remonter »  
la géologie à la surface ? ..... 16  
*Jérôme Gaillardet et Sylvain Pasquet*

L'Anthropocène : quelle nouvelle ère ? ..... 21  
*Patrick De Wever*

La formation des ingénieurs géologues :  
évolution et révolution ..... 25  
*Jean-Marc Montel*

## 29 LA GÉOLOGIE DU SYSTÈME SOLAIRE ET DE SES PLANÈTES

L'exploration robotique de Mars :  
état des lieux et perspectives ..... 29  
*Francis Rocard*

Le futur de la géologie planétaire ..... 33  
*Jérémy Lasue et Agnès Cousin*

## 38 LA CARTOGRAPHIE DE LA TERRE ET DE SES OCÉANS

Exploration des champs hydrothermaux océaniques :  
Importance et évolution des cartes bathymétriques ..... 38  
*Yves Fouquet*

IODP (International Ocean Discovery Program) :  
50 ans de forages scientifiques internationaux  
au service de la géologie marine.

Les raisons du succès ..... 45  
*Le bureau IODP-France : Georges Ceuleneer, Stéphanie  
Cuven, Bénédicte Abily et Anne-Marie Coursin*

Le littoral dans un contexte de changement climatique ..... 52  
*Boris Leclerc*

Influence du réchauffement climatique sur les processus  
morphologiques dans les reliefs montagneux ..... 59  
*Jean-Louis Mugnier*

Les Alpes montent... un paradoxe tectonique ..... 63  
*Jean-Mathieu Nocquet, Christian Sue  
et Andrea Walpersdorf*

## 65 LES OUTILS DU FUTUR EN GÉOSCIENCES

L'exploration du futur : la géologie depuis l'espace ..... 65  
*Dominique Dubucq*

Le poulpe et le renard. Ou l'acquisition sismique terrestre  
à l'heure des technologies du... futur ..... 70  
*Pierre-Olivier Lys*

Apprentissage Profond et Géosciences Pétrolières ..... 76  
*Olivier Dubrule et Lukas Mosser*

Calcul Haute Performance (HPC) et Exploration-Production  
dans l'industrie pétrolière :  
40 années d'alliance inaltérable ..... 85  
*François Alabert*

Les perspectives de l'Intelligence Artificielle en géosciences :  
le projet de l'alliance Total-Google ..... 93  
*Victor Martin, Laurent Castanié, Sébastien Guillon,  
Frédéric Joncour, Pierre Goutorbe, Gregori Fabre  
et Yves Le Stunff*