

# Développement d'un visualisateur interactif de cartographie 3D *Pour une approche scientifique et culturelle des paysages*

Benoît URGELLI  
Chargé d'études et de recherche  
Institut national de recherche pédagogique - Lyon (69)  
Contact : urgelli@inrp.fr



Exemple de l'ophiolite de Chenaillet



*Benoît URGELLI - INRP*  
*Éric SANCHEZ - INRP*  
*Lucien INAMI - JOKYO*



Je présente ici l'état d'avancement d'un projet de développement informatique qui prolonge le travail des élus de l'office du tourisme de Montgenèvre<sup>1</sup> et des ingénieurs de l'entreprise JOKYO<sup>2</sup>. Une animation vient d'être développée à partir des données du Centre régional de l'information géographique de la région PACA<sup>3</sup> et de l'IGN, mises à disposition de la communauté de commune de Briançon. Elle couvre le domaine skiable de la commune qui présente pour nous un intérêt scientifique et pédagogique puisque c'est un site visité par de nombreux élèves de lycée<sup>4</sup>.

Une impulsion institutionnelle forte a été donnée au moment de la réforme des programmes officielles en 2000, lorsque la classe de terrain (ou école de terrain) a été introduite en première scientifique<sup>5</sup>, dans l'enseignement de Sciences de la vie et de la Terre.

1 Voir le site : <http://www.montgenevre.com/>

2 Voir le site : <http://www.jokyo.fr/>

3 Voir le site : <http://www.crige-paca.org/>

4 On estime à 18000 le nombre d'élèves qui passe chaque année sur le site, en empruntant le sentier géologique mis en place par le Centre Briançonnais de Géologie Alpine. Voir le site du CBGA : <http://assoc.wanadoo.fr/cbga/>

5 In Bulletin Officiel de l'Education Nationale, hors série n°7, Vol. 5, 31 août 2000.

### Mon travail se place dans le contexte suivant :

Avec mes collègues SANCHEZ et PRIEUR de l'INRP, nos questionnements de recherche portent sur l'initiation à l'école à la démarche des experts en sciences de la Terre. Plus particulièrement quels savoirs, quelles méthodes, quelles pratiques et quels obstacles pour l'enseignement de la géologie en lycée.

Nous nous interrogeons également sur les pratiques de la géologie de terrain dans l'enseignement secondaire mais également dans l'enseignement supérieur et en recherche, l'idée étant de comparer l'ensemble de ces pratiques pour essayer d'identifier quelles implications mutuelles elles peuvent avoir.

Actuellement, en classe de lycée, c'est dans les filières scientifiques que l'école de terrain a été introduite, l'objectif affiché étant d'initier aux sciences et éventuellement de donner envi de faire de la géologie<sup>6</sup>.

### Le site du Chenaillet a été choisi pour plusieurs raisons.

C'est d'abord un objet qui suscite l'intérêt d'une partie de *la communauté d'experts* en sciences de la Terre. Des débats avec confrontation de données et proposition de modèles parfois en contradiction se succèdent depuis de nombreuses années (comme le montre l'épistémologie des découvertes sur le massif).

C'est aussi un objet qui intéresse *l'enseignement des sciences de la Terre*, en relation avec les programmes scolaires mais aussi parce que c'est un objet géologique relativement simple, en tout cas d'un point de vue lithologique et en première approximation. Pour les classes de première S, il permet d'illustrer la notion de fond océanique en expansion, et de proposer une confrontation de données actuelles et passées mais aussi de modèles explicatifs et interprétatifs.

On constate que les discours d'experts autour de ce massif s'appuient souvent sur le modèle proposé à la conférence *Penrose* en 1972 organisée par la Société géologique américaine<sup>7</sup>. On compare alors ce modèle de l'ophiolite d'Oman avec les observations réalisables sur l'ophiolite du Chenaillet. On constate alors que les épaisseurs et l'agencement des lithologies sont bien différents...

Ces observations sont complétées par des observations issues de l'utilisation d'outils d'investigation scientifique moderne qui permettent d'explorer certains fonds océaniques actuels, comme ceux de l'Atlantique. On fait alors des analogies entre les phénomènes actuelles et passées en comparant les lithologies issues des carottages profonds de ces fonds océaniques. Depuis une vingtaine d'année, les experts proposent des modèles de structure du fond océanique Atlantique.

L'agencement lithologique sur le massif du Chenaillet présente des analogies fortes avec celui du fond océanique de la ride Atlantique mais pas vraiment avec celui de l'Oman. L'ophiolite alpine qui date du jurassique pourrait donc être le reste d'un fond océanique passé, dont les mécanismes d'expansion auraient pu être comparables à ceux de l'océan Atlantique.

### Quels intérêts pour l'enseignement et pour la formation scientifique ?

Sur le terrain, on constate depuis deux ans, en observant les pratiques des enseignants avec leurs élèves, que les groupes se positionnent à proximité de l'arête SW du massif du Chenaillet et réalisent un panorama à partir du *lac des Sarailles*<sup>8</sup>. On invite les élèves à décrypter le paysage ; on pose des questions et cherche des réponses en réalisant des observations de détail le long de l'arête. On confronte également les idées des élèves avec

---

6 D'après « L'enseignement scientifique au lycée », in Bulletin Officiel de l'EN, hors série n°6, Vol. 2, 12 août 1999, p.5-6.

7 Modèle établi à partir des travaux sur les roches ophiolitiques d'Oman. On décrit une série ophiolitique typique, formée d'une succession de roches constitutives du fond océanique, sur des épaisseurs kilométriques : péridotites (roches mantelliques) surmontées de gabbros plus ou moins lités, traversés par des complexes filoniens ayant alimenté en surface des épanchements basaltiques. Il s'agit du modèle présenté à la majorité des élèves de première S avant, pendant ou après l'école de terrain.

<sup>8</sup> Voir la carte topographique de Briançon/Serre-Chevalier/Montgenèvre, IGN TOP 25, réf. 3536OT, échelle 25 000ème.

celles des experts, par exemple en présentant le modèle de LAGABRIELLE et CANAT, proposé en 1990 pour interpréter la structure du fond océanique à l'origine du Chenaillet.

Mais selon moi l'école de terrain doit être l'occasion d'aller plus loin dans l'initiation à la démarche scientifique, en faisant une place aux doutes, aux incertitudes, aux erreurs et aux ignorances, si familiers pour les experts et qui ne font pas partie de l'approche classique d'enseignement des sciences de la Terre. Il pourrait donc s'agir pendant la classe de terrain de travailler également sur ce rapport particulier aux savoirs. Et sur ce site, on peut mettre en évidence des points d'incertitudes, des doutes, des erreurs également, et des points d'ignorance, tant sur les observations que sur les modèles proposés.

Dans cette optique, l'évolution des savoirs au cours du temps, en gros l'histoire des sciences, apporte un éclairage précieux. Par exemple, si on confronte l'interprétation structurale de l'arête SW du Chenaillet entre 1994 et 2003, on peut proposer un certain nombre de discussion avec les élèves sur les origines des différences d'interprétation et la pertinence de certains modèles, en essayant de les replacer dans les contextes scientifiques de l'époque et en les rattachant au domaine d'expertise du groupe de savants qui les a construits.

#### Les limites des pratiques éducatives sur le terrain

Les observations des pratiques de terrain actuelles permettent d'identifier quelques limites en terme d'initiation à la démarche des experts<sup>9</sup>. On constate en période de forte fréquentation du site la présence de 5 classes de première S. Lorsqu'on invite les élèves à faire le lien entre topographie, paysage et géologie autour de l'arête SW du Chenaillet, on observe des regroupements d'élèves autour d'un expert ou d'un médiateur scientifique qui guide le raisonnement. Cela pose des questions sur les implications de ces pratiques de terrain en terme d'éducation et de culture scientifique mais également en terme de formation des enseignants.

Du côté des élèves, on constate que l'interprétation de l'arête SW du Chenaillet n'est pas toujours *leur* interprétation mais plutôt celle impulsée par le médiateur. Certains commentaires personnels d'élèves indiquent que la lecture des paysages est pour ce public un objectif fort de l'école de terrain, les observations faites étant considérées comme *des détails pour raconter une histoire*. Les dessins d'interprétation du paysage montrent que la pression anthropique et la végétation sont souvent les premières sources de questionnements pour les élèves face à un paysage. Ils ne disposent donc pas des mêmes filtres culturels que les médiateurs en géologie qui les accompagnent. Il semble donc que c'est l'environnement culturel familier à l'élève qui retient son attention au moment de l'exercice d'interprétation du paysage.

#### Que faire face à ces constats<sup>10</sup> ?

Si on garde en tête que l'objectif éducatif est d'initier et de former aux sciences de la Terre, nous avons pensé qu'il serait peut être utile d'appuyer les pratiques sur des méthodes et des outils modernes utilisés par les scientifiques qui vont sur le terrain. La cartographie nous apparaît comme une méthode intéressante pour l'approche du terrain et plus généralement pour amorcer et caler des discours scientifiques.

La cartographie est une méthodologie d'experts toujours d'actualité sur le massif du Chenaillet. La dernière carte publiée par le BRGM date de 1995 et une version 2004 est en cours de validation entre différentes communautés d'experts français, autour de

---

<sup>9</sup> Sous la responsabilité d'Eric SANCHEZ, l'INRP a lancé en mai 2005 un questionnaire en direction des enseignants du secondaire pour savoir quelle(s) représentation(s) de la classe de terrain accompagne(nt) ces pratiques éducatives sur le site du Chenaillet.

<sup>10</sup> Il faudra confirmer la pertinence de ces constats, et peut être en rajouter d'autres, à la lumière de l'enquête INRP citée dans le note ci-dessus.

questionnements et de débats scientifiques. Ceux-ci méritent d'être clairement explicités dans le cadre de la formation des enseignants aux sciences de la Terre et plus particulièrement à la géologie de terrain.

#### Quels types d'outils pour une nouvelle pratique éducative du terrain ?

Nous focalisons actuellement notre attention sur des outils de visualisation de cartographie numérique 3D auxquels on demande d'avoir une particularité fondamentale : celle de *l'interactivité*, à la fois dans la navigation mais aussi dans la localisation spatiale, nécessaire à l'exploration raisonnée et aux questionnements autour du site cartographié.

Il s'agit de s'inscrire dans une approche géographique des paysages, complétée par la superposition de données cartographiques de *géologie* mais aussi de *biologie* (végétation, faune) ou encore d'*histoire*, ce qui intéresse au premier plan l'office du tourisme de la commune de Montgenèvre.

#### Comment avons-nous procédé pour le développement d'un prototype ?

Nous avons eu la chance d'identifier le travail des ingénieurs de l'entreprise JOKYO pour la commune de Montgenèvre. Ils ont développé un visualisateur 3D à partir des orthophotos aériennes qui ont été superposées à un modèle numérique de terrain (la banque de données altimétriques de l'IGN). Il s'agit donc d'une carte géographique animée, dynamique et interactive. L'outil est aujourd'hui en ligne pour les visiteurs de la commune de Montgenèvre, sur le site internet de l'office du tourisme<sup>11</sup>.

En collaboration avec Lucien INAMI de l'entreprise JOKYO, il a été réalisé un drapage de la carte géologique du BRGM 1995 sur la visualisation géographique 3D, l'idée étant de faire le lien entre la topographie et son interprétation géologique proposée par les experts de l'époque<sup>12</sup>. Ce travail a également été réalisé avec la carte géologique de Françoise CHALOT-PRAT publié en 2004 à la Société Géologique Américaine. La comparaison des interprétations cartographiques 1995 et 2004 permet ainsi de cerner quelques aspects des débats scientifiques en cours, que nous sommes en train d'expliciter par entretiens avec les experts concernés.

Actuellement, sur l'outil développé avec JOKYO, on peut passer de la topographie à la géologie par un *effet de transparence*. Cet effet permet de discuter du choix des limites lithologiques réalisé par les experts et donc du modèle d'interprétation des géologues de terrain. Il est également possible de revenir à la carte 2D à tout moment de la navigation 3D.

#### Pré-tests de l'outil JOKYO et premières critiques

Cet outil a été présenté en mai 2005 à quelques élus de Montgenèvre mais aussi à quelques enseignants-chercheurs, à des enseignants du secondaire (en formation initiale ou continue), et à des enseignants de classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE)<sup>13</sup>. Ces pré-tests ont permis de recueillir quelques critiques, au delà des défauts de navigation.

- Pour les collectivités locales, il s'agit d'un outil pertinent mais trop complexe d'un point de vue de l'information scientifique superposée à la topographie. Le responsable de l'office du tourisme de Montgenèvre souhaite une information simplifiée à destination du plus grand nombre, validée par des experts mais également couvrant d'autres domaines que les sciences de la Terre (faune, flore, histoire, aménagement du territoire, réseau hydrologique...) <sup>14</sup>. Il souhaite donc une *approche culturelle* du site

---

<sup>11</sup> Voir le site : <http://www.montgenivre.com/>

<sup>12</sup> On pourra également par la suite superposer les cartes géologiques des années précédentes afin d'appréhender, par des comparaisons, l'évolution des interprétations et donc des connaissances historiques sur l'ophiolite du Chenaillet.

<sup>13</sup> Le plus souvent, ces enseignants accompagnent leurs élèves sur le terrain sans l'aide d'un médiateur scientifique.

<sup>14</sup> Etant donné le contexte socialement vif de crainte d'un *changement climatique* mais aussi la politique éducative *d'éducation à l'environnement pour un développement durable*, il serait également intéressant de pouvoir superposer des cartes des dernières glaciations, issues des travaux d'experts sur l'histoire de l'homme et du climat.

par l'intermédiaire de cet outil qui doit également permettre la valorisation du travail cartographique des associations locales.

- Les enseignants-chercheurs adhèrent au projet à condition de pouvoir réviser les données cartographiques dès que l'état de connaissances évolue. Ils souhaitent également que l'interactivité puisse donner la possibilité de saisir des informations issues des campagnes de terrain, notamment avec une saisie GPS des observations directement sur le visualisateur, avec des codes couleur éventuellement (*interactivité de localisation*). Cela permettrait alors à partir de l'outil de construire une interprétation cartographique personnalisée. Cette dernière fonctionnalité est de premier intérêt dans le cadre d'une initiation scientifique à la démarche de terrain. On mesure ainsi la part d'interprétation qu'il y a derrière tout document cartographique. On peut aussi confronter son modèle à celui des experts <sup>15</sup>.
- Pour les enseignants du secondaire, on note une certaine réticence pour introduire ce genre d'outils dans l'enseignement, probablement par crainte de la part de ludique qui peut accompagner l'utilisation de ce visualisateur. Des suggestions de mise en scène pédagogique, avant, pendant et après l'école de terrain pourront probablement lever ces inquiétudes.

En guise de conclusion, je voudrais vous faire part de quelques remarques de l'expert Patrick LEDRU. Il estime qu'il s'agit d'abord d'un outil pertinent pour la lecture de la géologie par la topographie. Mais également d'un bon outil de valorisation des travaux de la recherche scientifique.

A partir de l'approche cartographique de terrain, nous pensons qu'il s'agit là d'une aide à la formation aux sciences de la Terre, en proposant aux enseignants, étudiants et élèves d'être beaucoup plus acteurs que consommateurs.

Pour faire avancer ce projet éducatif, il s'agit à présent de l'insérer dans un cadre institutionnel et partenarial, tout en continuant à travailler sur son intégration pédagogique dans l'école de terrain et sur l'interactivité du prototype.