

LA CARTE GÉOLOGIQUE : REPRÉSENTATIONS D'ÉLÈVES DE CLASSE DE PREMIÈRE SCIENTIFIQUE

Pierre Savaton

La carte géologique a constitué un outil important de l'enseignement de la géologie avant de s'effacer peu à peu des manuels scolaires au profit des modèles et schémas introduits avec l'enseignement de la théorie de la tectonique des plaques. Objet et outil géologique encore hautement représentatif des savoirs et techniques mis en œuvre en sciences de la Terre, la carte risque de devenir une illustre inconnue des élèves en formation. La classe de Première scientifique (élèves de 16-17 ans), dont un tiers du programme des "Sciences de la Vie et de la Terre" est consacré à la géologie, est alors un niveau privilégié pour étudier les représentations liées à la carte et à sa construction et les comparer à la réalité du géologue.

1. LE CONTEXTE D'ÉTUDE

1.1. La place de la carte géologique dans l'enseignement de la géologie dans l'enseignement secondaire

la carte
géologique tend
à disparaître des
programmes

La réforme (1) de 1965 appliquée à la rentrée 1966 en classe de Première D avait placé la carte géologique en introduction à la géologie. Les notions de pétrographie, paléontologie, stratigraphie, tectonique venaient après l'analyse comparée de cartes. De l'étude de celles-ci, les textes demandaient de tirer les notions géologiques fondamentales.

Les manuels scolaires ont alors tout à fait respecté ces consignes, tant dans l'esprit affiché, que dans leur contenu. *"Le but de la géologie et de la géographie étant la connaissance de la Terre, leur premier besoin est d'en posséder une représentation maniable"* (2), d'où la production des cartes. La carte était alors l'objet de l'étude et s'affichait dans chaque chapitre comme témoin du terrain, comme substitut d'une réalité. Elle était l'objet de construction de coupes et de lectures. Les cartes géologiques étaient exposées à la fois comme point de départ à l'étude d'une région et comme résultat d'une longue série d'études, comme la synthèse

- (1) Décret N° 65-438 du 10 juillet 1965. Classe de Première : deuxième année du lycée, élèves de 16-17 ans.
- (2) BORIE, J.-L. *Sciences naturelles, classe de 1ère D. T. II : Géologie.* Paris : Bordas. 1972. p.7.

d'une somme énorme de connaissances minéralogiques, pétrographiques, paléontologiques et géographiques (3).

Ce programme peut historiquement être considéré comme l'âge d'or de l'enseignement de la carte géologique (4). Jusqu'à cette réforme, la carte faisait l'objet d'une lecture type "commentaire de la carte géologique de France au 1/1 000 000", en fin d'étude du programme de géologie. À partir de l'instauration de la classe de Première scientifique à la rentrée de 1982, le programme de géologie a cherché à caractériser la constitution interne du globe et sa dynamique : c'est l'arrivée dans notre enseignement du modèle de la tectonique des plaques. La connaissance de la Terre renvoie alors à une représentation interne de celle-ci et non plus à une cartographie des affleurements. On s'intéresse plus aux cartes géomagnétiques ou géothermiques qu'aux cartes géologiques au sens strict.

Le programme de géologie de la classe de Première scientifique (5) de 1992 est centré sur *"le thème de l'énergie en liaison avec les dynamiques terrestres"*. L'utilisation de la carte n'est envisagée que pour l'étude de quelques structures d'une chaîne de montagnes. Elle fait l'objet d'un éventuel exercice descriptif de localisation.

La lecture des manuels scolaires correspondants révèle la présence de représentations graphiques très variables, tant dans le contenu que dans la forme. Une étude de trois de ces ouvrages de Première scientifique présente quatre cartes géologiques seulement, dont une seule est assez proche d'une carte géologique de la France au 1/50 000 ou 1/80 000 pour être désignée comme telle ! Ces manuels renferment en revanche de nombreuses représentations graphiques thématiques (carte des gisements, carte des isogrades, cartes des faciès...) légendées cartes géologiques et qui ne sont que des schémas, des esquisses géologiques, voire des modélisations synthétiques.

En aval, le programme de l'enseignement de spécialité des Sciences de la Vie et de la Terre de la classe de Terminale scientifique (6) (mise en place à la rentrée 1994) s'appuie sur la carte géologique pour étudier la chronologie d'événements géologiques : plissements, chevauchements, intrusions. Cherchant à montrer comment *"les minéraux des roches reflètent les conditions thermodynamiques qui ont présidé à leur formation"*, ce programme renvoie à l'étude des phénomènes de métamorphisme, de l'échelle de la carte à celle de la lame mince. Cette étude, compte tenu du temps

(3) Ibid. p. 19.

(4) Thèse de Doctorat en cours de P. Savaton sur l'enseignement de la carte géologique en collèges et lycées : axe historique et axe didactique ; sous la direction de G. Rumelhard et G. Gohau. UF Didactique. Université Paris 7.

(5) Arrêté du 10 juillet 1992.

(6) B.O. N° 6 du 9 juin 1994, p. 47. Classe de Terminale : troisième et dernière année du lycée, élèves de 17-18 ans.

disponible en classe de Terminale, ne peut être qu'un approfondissement d'une étude réalisée en classe de Première.

1.2. Situation de la recherche

Dans ce contexte scolaire, et au moment où le Service géologique de la carte réfléchit à l'avenir des cartes géologiques papiers (au 1/50 000), on peut s'interroger sur les significations, sur les représentations mobilisées par les élèves lorsque nous faisons référence à la carte géologique. Qu'un géologue parle de carte géologique, qu'un enseignant universitaire de géologie s'appuie sur la cartographie, que nous parlions de cartes géologiques à travers nos cours ou qu'un article, une étude fasse mention de la carte, renvoient l'élève à ses propres représentations de la carte géologique.

parler de la carte mobilise des représentations qui nous échappent

Des multiples définitions du mot représentation, parfois complémentaires et souvent chevauchantes, j'emprunterais volontiers à Moscovici (7) celle de reproduction cohérente et stylisée sur le plan cognitif des propriétés des objets, celle de construction intellectuelle, rejoignant par là la définition que Giordan (8) donne aux conceptions, en tant qu'ensemble d'images mentales, que structure de pensées sous-jacentes à un modèle explicatif. En s'intéressant aux représentations des élèves de Première scientifique mobilisées lorsqu'on les interroge sur la carte géologique et son contenu, c'est à la fois l'objet carte que produit leur pensée et le processus à son origine que nous chercherons à caractériser.

• La méthodologie choisie

Pour approcher ces représentations ma recherche s'est appuyée sur quelques entretiens individuels préalables, avec des élèves volontaires pour "causer de la carte géologique". Ces entretiens s'articulaient autour de questions ouvertes sur leur apprentissage de la carte, sur son contenu, puis passaient à une lecture de carte. L'exploitation des enregistrements m'a permis de préparer deux questionnaires : un premier, de type questions ouvertes (Questionnaire A) et un second de type Questions à Choix Multiples (QCM, Questionnaire B).

l'étude s'est appuyée sur des entretiens et questionnaires

Le recours à un QCM était avant tout motivé par la rapidité de traitement qu'il permet et donc par la constitution d'un échantillon numériquement important. En contrepartie, il enferme les questionnés dans les réponses préparées et peut constituer un obstacle à l'expression de représentations originales. Pour tenter de réduire cet emprisonnement, le pre-

(7) MOSCOVICI, S. *La psychanalyse, son image, son public*. Paris : PUF. 1961.

(8) * GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. *Les origines du savoir*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé. 1987.

** GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Nice : Z'édicions. Nlle éd. rev. corr. augm. 1994.

mier questionnaire à réponses ouvertes était d'abord distribué, puis, seulement lorsque celui-ci avait été rendu, le QCM était distribué. L'indication d'initiales libres sur les enquêtes permettait ensuite d'éventuels recoupements au sein d'une base de données. Les réponses au questionnaire A pourraient être qualifiées de spontanées par opposition au questionnaire B, où elles seraient provoquées.

À l'origine, ces questionnaires font partie d'une recherche destinée à étudier la prise en compte de la part d'interprétation contenue dans la carte. Les questions volontairement éloignées du sujet étaient destinées à éviter que les questionnés n'identifient à la lecture des questionnaires mes préoccupations de recherche, ce qui aurait pu influencer sur leurs réponses.

• *Le public concerné*

Cette étude a concerné 107 élèves de Première scientifique appartenant à quatre classes d'un même établissement.

deux catégories
d'élèves étaient
concernées,

Deux de ces classes ont été interrogées huit jours après leur retour d'un stage de géologie de terrain. Au cours des six jours du stage les élèves ont appris à lire des cartes géologiques (identification de couches, détermination de leurs dispositions), à les mettre en relation avec leurs observations de terrain (orientation d'une carte, localisation). Ils ont également construit une esquisse de minute (9) de terrain à partir de leurs levés (mesures de pendages et de directions) et cherché à expliquer les relations spatiales entre couches observées (anticlinal, synclinal, failles). Ce stage les a donc initiés partiellement mais pratiquement au travail d'un géologue cartographe.

des élèves ayant
pratiqué la carte
huit jours avant...

Les deux autres classes n'avaient pas encore étudié de cartes géologiques au cours de leur enseignement de Première scientifique. Le questionnaire était distribué dès le premier jour d'un stage de géologie de terrain de quatre jours, où la carte fut utilisée comme document complémentaire aux observations de terrain.

des élèves
n'ayant pas
utilisé de cartes
depuis la classe
de quatrième

Le questionnaire était présenté aux élèves comme faisant partie d'une recherche sur la carte géologique effectuée par un enseignant extérieur, hors du cadre scolaire. Il était bien précisé qu'il ne s'agissait pas d'une évaluation et les enseignants de ces classes n'en savaient guère plus sur l'exploitation qui devait suivre et le thème précis de ma recherche.

L'étude des réponses d'élèves en situation scolaire et de leurs représentations mobilisées dans la vie quotidienne montrent, dans nombre d'études, l'existence en parallèle de connaissances scolaires auxquelles l'élève fait appel pour une interrogation scolaire, et de connaissances "privées"

(9) On désigne sous ce terme le document graphique présentant le pointage des levés de terrain. Il s'agit concrètement d'une portion de carte topographique sur laquelle des points numérotés indiquent les affleurements étudiés.

Questionnaire B

Initiales :

(Ces initiales ont pour objet de mettre en relation ce questionnaire B avec le questionnaire A.)

Q1. La carte géologique renferme des informations (*entourez les chiffres correspondant à vos choix*)

- sur la nature minéralogique des roches .1
- sur l'âge des roches2
- sur le relief3
- sur les nappes phréatiques4
- sur les ressources minières5
- sur les sols6
- sur la végétation7
- sur la disposition spatiale des roches ...8

Q2. Une carte géologique est une image qui se rapproche surtout (*entourez le chiffre correspondant à votre choix*)

- d'une photographie1
- d'un schéma2
- d'un dessin3
- d'un graphique4

Q3. La carte géologique représente (*entourez le chiffre correspondant à votre choix*)

- la surface du sol1
- le sous-sol2
- les affleurements du sous-sol3
- le sol4
- la croûte terrestre5

Q4. Pour construire une carte géologique, le géologue se procure des informations à partir (*entourez les chiffres correspondant à vos choix*)

- de photographies aériennes1
- de forages2
- de prélèvements d'échantillons3
- d'observations de terrain4
- de l'étude des sols5
- de l'étude de la végétation6
- d'enregistrements sismiques7

Q5. La carte géologique est construite (*entourez le chiffre correspondant à vos choix*)

- par addition d'observations de terrain .1
- par addition d'observations de terrain et de laboratoire2
- par interprétation d'observations3
- par confrontation des observations et des connaissances théoriques4
- par dessin de photographies aériennes 5

Q6. La carte géologique est utilisée par (*entourez les chiffres correspondant à vos choix*)

- les géologues1
- les géographes2
- les entreprises de grands travaux3
- les responsables d'aménagements du territoire4
- les randonneurs5
- les services de la sécurité civile6
- les militaires7
- les vigneronns8
- EDF-GDF9

Q7. Lire une carte géologique consiste à (*entourez les chiffres correspondants à vos choix*)

- déterminer les caractéristiques des roches en un lieu donné1
- déterminer la répartition d'un type de roche2
- raconter l'histoire géologique de la carte3
- faire une coupe géologique4
- faire un schéma structural5
- décrire le relief6
- localiser les nappes phréatiques7

Q8. L'information présentée dans la carte est codée. La légende permet de décoder (*entourez les chiffres correspondant à vos choix*)

- l'âge des roches1
- la nature chimique des roches2
- les transformations subies par les roches .3
- le contenu en fossiles des roches4
- la disposition spatiale des roches5

Q9. La complexité de la légende (entourez les chiffres correspondant à vos choix)

- garantit une lecture sans interprétations1
- réduit la part de l'interprétation dans la lecture de la carte2
- favorise l'interprétation3
- est sans conséquences sur l'interprétation4
- est un obstacle à la compréhension de la carte5
- aide à la compréhension de la carte6
- est indispensable à la compréhension de la carte7

Q10. La compréhension de la légende nécessite des connaissances géologiques spécifiques

Oui Non

Q11. Deux géologues peuvent tirer des conclusions différentes de la lecture de la même carte

Oui Non

Q12. Lorsque le sous-sol est masqué sur le terrain par une végétation abondante ou un sol épais, le géologue construit la carte (entourez les chiffres correspondant à vos choix)

- à partir de forages1
- en décapant le sol2
- par extrapolation des observations les plus proches3
- par étude du sol4
- par étude de la nature de la végétation5
- par des techniques sismiques6

Q13. Pour cartographier une zone, il faut (entourez les chiffres correspondant à vos choix)

- un marteau1
- une carte topographique2
- des crayons de couleur3
- une règle4
- une loupe5
- un microscope6
- un carnet7
- des photographies aériennes8
- une tarière9
- une pioche10
- une boussole11

Q14. La cartographie géologique est un travail (entourez le chiffre correspondant à votre choix)

- uniquement de terrain1
- essentiellement de terrain et un peu de laboratoire2
- autant de terrain que de laboratoire3
- essentiellement de laboratoire et un peu de terrain4
- uniquement de laboratoire5

Q15. Tout ce qui est figuré sur une carte a été observé

Oui Non

Q16. Le tracé d'une carte dépend de son auteur

Oui Non

Q17. Le tracé d'une carte dépend des théories géologiques

Oui Non

Q18. La France est actuellement couverte par des cartes au 1/80 000. Certaines régions présentent trois éditions successives revues et corrigées. Cela signifie (entourez les chiffres correspondant à vos choix)

- que des affleurements nouveaux ont été observés1
- que d'anciens affleurements ont été mal observés2
- que d'anciens affleurements ont été mal interprétés3
- que des techniques nouvelles ont permis d'observer plus de choses4
- que les théories géologiques ont changé5

Q19. En améliorant les techniques d'observation on doit arriver à produire une carte géologique parfaitement juste

Oui Non

Q20. La carte géologique est une interprétation raisonnée de l'observation de la Terre

Oui Non

issues de représentations personnelles et mobilisées en situations extra-scolaires. Le questionnaire s'apparentait ici à un exercice comme il peut en être présenté en situation scolaire, mais, détaché d'une certaine manière de l'objet carte et de son apprentissage direct, il devait permettre d'aborder les représentations des élèves.

2. APPROCHE DES REPRÉSENTATIONS ASSOCIÉES À LA CARTE GÉOLOGIQUE

2.1. Regard sur l'identification de la carte

Étudier les représentations d'élèves vis-à-vis de la carte passait par une étude de leur propre reconnaissance de leur apprentissage de la carte. Quel souvenir ont-ils de leur apprentissage de la carte en classe de Quatrième ou pour certains en classe de Première S, huit jours plus tôt ?

Question 1 : "Avez-vous déjà utilisé une carte géologique au cours de vos études ? Si oui, à quel stade de vos études ?"

les élèves n'ont guère le souvenir d'avoir étudié la carte en classe de Quatrième

Sans préjuger de leur identification de l'objet carte, la totalité des élèves interrogés indique avoir utilisé une carte géologique au cours de ses études, mais seulement 29 % dès la Quatrième. Une analyse de la place de la carte dans les manuels scolaires (10) de Quatrième de 1988 montre que ceux-ci contiennent onze cartes en moyenne, légendées, à tort ou à raison, carte géologique. Qu'en conclure ? L'étude n'ayant pas permis de remonter à l'enseignement qu'ils avaient réellement reçu, nous sommes conduits à penser qu'ils n'ont guère gardé de souvenirs de l'utilisation de ces cartes, que celles-ci n'ont alors occupé qu'une fonction illustrative mineure. Ils sont 11 % à avoir utilisé une carte en Seconde. Après discussion avec leur professeur, il s'avère que ces élèves ont effectivement utilisé une carte géologique, pour une étude de la répartition géographique des dépôts d'origine glaciaire.

64 élèves sur 107 ont répondu qu'ils ont utilisé une carte géologique en Première S, soit 60 % des élèves interrogés. Ce pourcentage peut apparaître élevé si l'on considère que seulement 50 élèves (deux classes) étaient supposés avoir travaillé sur la carte au cours de cette année. Le cas des redoublants excepté, l'explication est à rechercher dans une erreur d'identification de l'objet carte géologique. Sur ces 64, 23 n'ont pas fait de stage de cartographie mais ont étudié en travaux pratiques dans le cadre du cours sur la tectonique des plaques, une carte des sédiments de l'Atlantique. Il s'agit d'une carte géologique très particulière représentant

(10) Mémoire de DEA, P. SAVATON, sous la direction de C. Souchon. UF Didactique, Paris 7. 1994.

par des couleurs différentes non pas les sédiments affleurants, mais les sédiments les plus anciens (profonds) trouvés par forage. On peut raisonnablement supposer qu'ils font référence à cette carte à travers leur réponse.

ils n'ont qu'une vague idée de sa définition

Cette interprétation est corroborée par une réponse à la question 7 du questionnaire A (*Supposez que vous soyez géologue et chargé de construire une carte géologique. De quels matériels avez-vous besoin pour mener à bien votre travail ?*). Sur les 28 élèves qui répondent avoir besoin d'un matériel de forage, 25 proviennent des deux classes en début de stage. Questionnés un an après sur cette carte des "sédiments océaniques", les élèves identifient correctement, pour la plupart, les différences avec une carte géologique classique. Interrogés alors sur sa désignation, ils reconnaissent que ce n'est pas une "vraie" carte géologique. La référence à cette carte dans le questionnaire trahit un décalage entre représentation personnelle, et identification de la carte dans une situation scolaire.

La présentation unique, d'un type très spécifique de carte géologique, a déterminé une représentation peu exacte de la carte. La présentation dans les manuels scolaires de cartes simplifiées, de schémas et de croquis sous l'appellation de cartes géologiques est de nature à entraîner des représentations erronées.

Question 3 : "Vous a-t-on appris à utiliser une carte géologique ?"

la majorité des élèves affirme avoir appris à utiliser une carte géologique

Alors que 86 % des élèves répondent qu'on leur a appris à lire une carte géologique et que 70 % pensent encore savoir lire une carte géologique (question 4 du questionnaire A), ils ne sont que 2 % à indiquer spontanément que "lire" une carte (question 14 du questionnaire A) c'est faire une coupe. Ce chiffre passe à 50 % dans la question 7 du QCM. De même, si aucun élève n'indique spontanément que lire une carte c'est raconter l'histoire géologique d'une région, ils sont 39 % à l'affirmer dans le QCM. Qu'entendaient-ils par utiliser la carte ? Ont-ils le souvenir d'avoir fait quelque chose avec la carte mais sans plus ? Si ces premières réponses n'apportent guère d'informations sur les représentations associées à la carte, elles nous indiquent en revanche que la finalité de la carte est mal identifiée et posent le problème des contenus de la carte et des démarches de l'apprentissage. Or, comment dissocier l'apprentissage de la carte des représentations liées à la carte, le terme même de représentation recouvrant à la fois le processus et le résultat. Intéressons-nous alors aux représentations vis-à-vis des contenus de la carte.

2.2. Quel contenu pour la carte ?

Les tableaux suivants présentent les pourcentages de réponses à des questions sur le contenu et la lecture de la carte.

Questionnaire A, question 13

<i>À quoi correspondent les couleurs sur une carte géologique ?</i>	Pourcentage
à la nature des roches	65
à l'âge des roches	27
aux différentes couches	7

Questionnaire A, question 5

<i>Quelles informations trouve-t-on dans une carte géologique ?</i>	Pourcentage
la nature des roches, le nom des roches	79
l'âge des roches	40
le relief	36
le pendage	30
la disposition des couches, le sens des couches	21
les failles, les chevauchements	15
le nom des lieux, des villages, des rivières	4
le déplacement des couches	3
la structure des roches	3

Questionnaire B, question 1

<i>La carte géologique renferme des informations</i>	Pourcentage
sur la disposition spatiale des roches	84
sur l'âge des roches	81
sur le relief	58
sur les sols	53
sur la nature minéralogique des roches	43
sur les ressources minières	15
sur les nappes phréatiques	7
sur la végétation	2

la carte indique
la nature des
roches

L'étude des réponses spontanées montre clairement que la carte est déterminée comme une représentation spatiale de la répartition des roches en fonction de leur nature et de leur âge.

La carte indique la nature des roches pour une nette majorité des élèves. S'ils ne sont que 43 % à répondre qu'elle ren-

ferme des informations sur *“la nature minéralogique des roches”* c'est probablement par blocage sur le sens du mot *“minéralogique”*. Une carte localise des objets, et la carte géologique renvoie aux roches en tant qu'objet géologique et en tant qu'objet de la géologie. Au delà de la carte géologique c'est peut-être tout une représentation de la géologie qui transparaît : la géologie c'est reconnaître la nature des roches.

la cartographie
du temps
n'est pas
spontanément
évoquée...

La dimension chronologique n'est pas une caractéristique marquante de la carte au vue des réponses spontanées, alors qu'à la réflexion (dans le QCM) elle s'impose pourtant avec 81 % des réponses. La dimension temporelle oubliée peut traduire l'absence d'apprentissage de la carte comme outil de reconstitution historique (chronologique) des événements. Ceci est confirmé par une de nos remarques précédentes : interrogés sur ce en quoi consiste la lecture d'une carte, aucun élève ne répond, *“en une reconstitution de l'histoire géologique d'une région”*.

Cartographier le temps constitue surtout un obstacle cognitif et on pourrait s'interroger ici sur les relations conflictuelles entre le temps et l'espace ou entre la dimension linéaire du temps perçu et sa lecture déduite des trois dimensions de la carte. Cette séparation tranchée nous renvoie à la découpe disciplinaire entre géographie et histoire, le temps n'est pas cartographié, il ne s'impose pas comme cartographiable.

Si 65 % rapportent les couleurs à un codage de la nature des roches (question 13 du questionnaire A), ils ne sont que 27 % à les rapporter à leur âge. À ces réponses spontanées il est difficile de faire correspondre les réponses provoquées (question 8 du questionnaire B) : la légende permet de décoder l'âge des roches pour 88 %, la nature des roches pour 58 % et leur disposition pour 49 %. On pourrait à première vue nuancer notre propos sur la non prise en compte de la dimension temporelle. La carte est reconnue comme renfermant des informations sur le temps (QCM), mais c'est son codage qui est ignoré.

La priorité est donnée à la nature des roches. Cela se retrouve dans leurs définitions de la lecture de la carte (question 7 du questionnaire B) : c'est, pour 61 %, déterminer la répartition d'un type de roche en un lieu donné et pour 39 % seulement, raconter l'histoire. La carte géologique c'est avant tout *“le plan de l'île au trésor”* et non *“le récit de son enfouissement”*.

De la même manière l'augmentation des réponses sur l'indication du relief peut traduire une absence de prise en compte spontanée des trois dimensions de l'espace dans la lecture de la carte. La disposition spatiale des couches, trame des coupes géologiques et des reconstitutions chronologiques est reconnue (84 %) mais ne fait guère partie des propriétés structurantes des représentations de la carte. La relation entre l'indication du relief et la détermination de la

la dimension
spatiale n'est
pas maîtrisée

disposition des couches n'est pas établie : si 84 % pensent que la carte renferme des informations sur la disposition spatiale des roches, ils ne sont que 58 % à penser qu'elle renferme des informations sur le relief. Comment déterminent-ils alors cette géométrie spatiale ? La carte doit coder la disposition des couches comme elle code la nature des roches ou leur âge. Comment ? Ils ne le savent guère.

Cette négligence vis-à-vis du fond topographique se retrouve dans plusieurs réponses à la question 5 du questionnaire A. Ils ne sont que 4 % à indiquer spontanément qu'une carte renferme les noms des lieux, des villages et des rivières et 53 % à indiquer qu'une carte topographique est nécessaire aux levés géologiques. Ils sont également 39 % à comparer la carte géologique à une carte du relief (carte de géographie physique ?) ou à une carte topographique.

En tant que carte, la carte géologique renvoie à des représentations spatiales : elle doit contenir des informations sur l'espace. Mais qu'est-ce que l'espace ? Cela reste plus flou. La carte n'est pas vue en trois dimensions, mais certains soupçonnent qu'elle les contient. Cette espace n'étant pas recréé, le positionnement des roches est réduit au plan de l'affleurement ; elles n'ont pas de continuité en profondeur et il devient de fait difficile de leur faire exprimer une chronologie.

La question 3 du QCM voulait les forcer à distinguer divers "plans" géologiques. Que cartographie la carte : la surface du sol, le sol ou le sous-sol ? Le tableau suivant présente les pourcentages obtenus aux diverses propositions.

Questionnaire B, question 3

<i>La carte géologique représente</i>	Pourcentage
le sous-sol	35
la surface du sol	29
le sol	23
les affleurements du sous-sol	19
la croûte terrestre	11

la distinction
entre les
concepts de sol
et de sous-sol
reste floue

L'étude des réponses traduit une interrogation sur le sens et les variations de sens des mots. Le mot sol est pris dans le sens de sous-sol, confusion courante dans le langage de tous les jours. Dans le tableau 3, ils étaient 53 % à penser que la carte renferme des informations sur les sols. On notera que ces élèves ont étudié **le sol** l'année précédente dans leur programme de Seconde. La saisie des réponses aux questionnaires dans une base de données m'a permis en outre de déterminer de nombreuses réponses contradictoires pour les mêmes élèves : la cartographie du sol devenait celle du sous-sol ou inversement.

Au delà de l'étude des contenus associés à la carte géologique, c'est la connaissance, la compréhension, les représentations de la production de l'objet carte qui se trouvent évoquées. Une deuxième série de questions était orientée sur cet aspect.

Quelles représentations ont ces élèves de la construction de la carte ? Leur représentation prend-elle en compte la construction ou se limite-t-elle au résultat matériel ?

2.3. Les leviers de terrains

plaçons l'élève
en situation de
simulation

Lorsque l'on demande à ces élèves de se placer dans la situation du géologue qui est chargé de lever une carte géologique et de nous préciser comment ils vont s'y prendre pratiquement, quel matériel leur sera nécessaire, on explore un domaine qui n'a que très rarement été abordé au cours de leurs études, malgré les apparences. Les élèves n'ont jamais été en situation de construire une carte et sont donc obligés d'imaginer ce qu'ils auraient à faire à partir du résultat, c'est-à-dire l'objet carte qu'ils ont utilisé.

Cet exercice de simulation qui se rapproche du jeu de rôle est de nature à faire mobiliser des représentations et à dépasser les réponses et savoirs scolaires stockés sans véritable appropriation. L'élève est en situation de produire une réponse et non de la reproduire.

L'étude des réponses peut donc nous renseigner sur la véritable appropriation intellectuelle de la carte, autant dans sa signification conceptuelle que dans sa présentation matérielle.

Questionnaire A, question 7 et questionnaire B, question 13

Matériel nécessaire pour cartographier géologiquement une zone	Réponses (en %) questionnaire A, question 7	Réponses (en %) questionnaire B, question 13
un marteau, un piolet	47	64
une boussole	46	79
du matériel de forage	26	-
une loupe	14	46
une carte topographique, une carte	13	85
des instruments de mesure des pendages	12	-
un flacon d'acide, des produits chimiques	11	-
un microscope	8	33
une pelle US, une pioche	6	30
des photographies	5	57
des crayons de couleur	-	82
une tarière	-	33
une pioche	-	30
un carnet	-	50
une règle	-	33

• **Le marteau et le géologue**

le marteau
n'est pas
indispensable

Le marteau est cité comme matériel nécessaire par un élève sur deux (47 %) et ce chiffre passe à 64 % dans le QCM. Sans préjuger de l'utilisation qu'ils associent au marteau, on peut à la fois considérer ce chiffre comme élevé et lui associer une bonne identification de son utilisation technique, et le considérer comme bien modeste. Modeste en effet, car 50 élèves revenaient d'un stage de géologie de terrain où ils avaient entraîné avec eux des marteaux, et les autres entamaient leur premier jour de stage, avec dans la liste de matériels demandés à chaque élève, un marteau pour la prise d'échantillons !

Ces 64 % illustrent alors l'incompréhension des 36 autres %, du rôle ou de l'utilité du marteau dans un tel stage, à moins qu'il ne s'agisse de l'expression d'une distinction entre un travail scolaire sur la géologie et le travail du géologue.

• **La carte topographique et la boussole**

le repérage
topographique
est négligé

La carte topographique n'est guère évoquée spontanément, ce qui est très significatif de l'absence de prise en compte des aspects pratiques du travail de cartographe. Cette carte est reconnue dans le QCM comme nécessaire, mais à quoi ? À la localisation des affleurements ou à "ne pas se perdre sur le terrain" ? La nécessité d'une boussole pour 46 % est à mettre en relation avec les 27 % qui la justifient pour s'orienter sur le terrain et non pour orienter les couches. Ils ne sont toutefois que 3 % à l'affirmer comme nécessaire pour se déplacer sur le terrain. La nécessité d'un support spatial pour le report des observations leur échappe totalement. Dès lors l'orientation de ce support sur le terrain, ou la mesure des directions des couches observées est absent de leurs préoccupations, et la boussole n'a pas d'utilité. Le rôle de la boussole n'est pas identifié, mais certains se souviennent sans doute qu'elle faisait partie du matériel que l'enseignant leur avait confié sur le terrain : elle doit donc être utile à quelque chose !

• **Le matériel de forage et la carte sédimentaire**

il faut forer pour
voir ce qui est
caché...

À côté du marteau, de la carte et de la boussole, le matériel de forage apparaît nécessaire à 26 % des élèves. Comme indiqué précédemment ces élèves avaient travaillé dans les six semaines qui précédaient l'enquête sur une carte des sédiments atlantiques dans le cadre de l'étude sur les zones de distension. Une séance de travaux pratiques avait été consacrée à l'étude de ce document comme argument en faveur d'une expansion des fonds océaniques de part et d'autre de la dorsale médioatlantique. Cette carte a été établie uniquement à partir de forages et ne représente pas les sédiments qui affleurent (sédiments actuels), ni même les sédiments plus ou moins indurés qui leur sont sous-jacents, mais les sédiments au contact de la croûte océa-

nique, ou, lorsque le sondage n'avait pu l'atteindre, le plus vieux sédiment foré.

Cette carte, légendée carte géologique dans les manuels, et présentée peut-être comme telle par les enseignants de ces classes, s'est imposée comme représentative de la carte géologique. L'indication des forages dans cette réponse au questionnaire peut être reliée au caractère récent de l'étude scolaire, mais peut également être rapportée à une survalorisation psychologique de l'action de forer.

La carte géologique est une inconnue, est un ailleurs qui renvoie à une étude du terrain, c'est-à-dire d'un milieu que les élèves ont côtoyé dans leur quotidien (vacances, balades...) sans "voir" les roches qui y affleurent. Il est alors plus confortable pour l'esprit d'imaginer celles-ci comme cachées (physiquement, là où elles le sont intellectuellement), d'où la nécessité de creuser, de forer, pour les découvrir. L'association psychologique très forte qui existe entre la notion de chercher, d'explorer et celle d'ouvrir, de pénétrer, de forer, peut faciliter cette association du forage à la production de la carte géologique.

il faut voir
pour savoir

• **La loupe et le microscope**

À quoi sert la loupe ? Elle est utile à la reconnaissance des structures qui échappent à l'oeil, à l'identification des minéraux. Ils ne sont que 14 % à l'indiquer spontanément, alors que pour 50 d'entre eux, elle faisait partie du matériel porté sur le terrain. Le microscope apporte des informations semblables à une échelle inférieure, il permet d'aller plus loin dans la détermination des assemblages minéraux et des structures. À quoi servent ces informations, sinon à déterminer le type de roche observé. L'élève n'ayant guère eu à identifier de lui-même les roches à partir de ses seules observations, substitue à celles-ci une identification globale de l'échantillon. Un nouvel échantillon est déterminé par sa ressemblance à un échantillon identifié par l'enseignant. L'échantillon est pris dans une dimension supérieure à celle des minéraux et microstructures : la loupe et le microscope ne sont donc pas, de fait, jugés nécessaires. En plaçant, par ces questions, l'élève dans la situation du géologue, on le force à imaginer un rôle d'après sa propre expérience. Le géologue doit reconnaître l'échantillon sur son aspect global (ce qui n'est pas tout à fait faux dans certains cas !).

l'observation
macroscopique
supplante
l'observation
microscopique

• **Mais aussi des crayons... de couleur !**

Ils n'étaient que quelques-uns à répondre spontanément que lever une carte géologique nécessitait des crayons de couleur, guère plus que ceux qui ajoutaient au matériel précédent, un bonnet, de bonnes chaussures ou des jumelles. En revanche, proposée dans le QCM, cette réponse était choisie par 82 % des élèves, soit juste un peu moins que la carte topographique, et bien plus que le marteau. Cette réponse, plus qu'une prise de conscience de la présence de couleurs sur la carte, exprime à nouveau un manque

la réalisation
matérielle reste
abstraite

d'esprit pratique, une absence de prise en compte des aspects matériels. L'élève pense certes qu'il trouvera des roches différentes sur le terrain, mais ne s'interroge par sur le moyen qu'il mettra en œuvre pour les cartographier. La phase de réalisation n'est pas envisagée, il n'y a pas, car il n'y a pas eu, de phase de concrétisation. Il faut déterminer les roches, souci prioritaire, après, les cartographier ne constitue pas un obstacle technique car n'est pas envisagé pratiquement.

L'exercice de simulation auquel on oblige l'élève montre bien la forte dépendance des aspects pratiques d'une réalisation à leur réalisation effective. Les savoir-faire passent obligatoirement par le faire.

• En résumé

Placer l'élève mentalement dans la situation du géologue cartographe, et lui demander de nous décrire ses actions pratiques et pour cela le matériel qu'il utilise, lui est un exercice très artificiel. Jouer le rôle qu'on lui impose nécessite de le connaître quelque peu. En absence de connaissances précises, les représentations mobilisées sont des représentations très précoces, indépendantes des savoirs géologiques enseignés. Les réponses correspondent non pas au quotidien du géologue cartographe, mais à l'idée que s'en font des élèves après réflexion. La question 11 du questionnaire A (*Que note un géologue lorsqu'il se trouve sur un affleurement ?*) donnait : "la nature des roches" à 57 %, "la disposition des roches" à 18 %, "les pendages" à 9 % et "les failles" à 2 %...

l'absence
de pratique
fausse les
représentations

Le travail de lever est étranger à l'élève et celui-ci l'imagine autour de son souci unique, savoir quelle roche il y a à tel endroit. Pour cela il pense qu'il suffit de regarder, quitte à creuser (forer) si le paysage lui masque la roche. Pour l'élève, la géologie en classe consiste à savoir le nom de la roche posée sur la paillasse et à savoir qu'on la trouve à tel endroit (sur la carte). L'important est de savoir le nom, pas de savoir déterminer la roche, ou sa signification pétrographique, stratigraphique ou paléoécologique. Par extension, faire une carte, c'est savoir nommer la roche qui se trouve à tel ou tel endroit.

La quasi disparition des études pratiques de terrain et la place plus que réduite des activités pratiques dans leur quotidien d'élève, stabilisent (ou concourent à ?) ces représentations.

2.4. Des leviers à la carte

Au delà des aspects pratiques de la réalisation des leviers, penchons-nous sur la dimension intellectuelle de la construction de la carte.

La carte est un document de synthèse hautement interprétatif. Construite à partir de leviers de terrains peu denses, elle est obtenue par mise en relation de points, par extrapo-

la carte est un
document de
synthèse
hautement
interprétatif

lation raisonnée du non-vu. Le passage de la minute à la carte est une reconstruction intellectuelle à partir d'informations incomplètes. Transformer une minute en une carte c'est transformer quelques nuages de points de répartition hétérogène, en une surface continue. Cette transformation est indispensable à la production de la carte. Le géologue complète ses levés et les organise en s'appuyant sur un savoir géologique commun. Sans lui, il n'y a pas de carte, il n'y a que des informations éparses, partielles et partiales.

la part de
l'interprétation
est passée sous
silence dans
les manuels

La carte des manuels scolaires est présentée achevée, ses conditions d'obtention sont passées sous silence. L'analyse de manuels scolaires de Première scientifique (programmes de 1982, 1988 et 1993) ne présente qu'un seul cas d'exposé (sommaire) de la construction de la carte... pédologique. Il n'y a rien sur la carte géologique. On peut y lire (11) : " Pour parvenir à la carte au 1/100 000 on prévoit en moyenne huit profils - c'est-à-dire huit trous - pour cent hectares. De ces études ponctuelles on tire par extrapolation une carte continue."

Bien qu'il s'agisse de pédologie, les limites de l'observation et le recours à l'extrapolation sont au moins signalés, ce qui n'est pas le cas le reste du temps. Le manuel n'avertit pas l'élève et celui-ci est alors amené à travailler sur un document dont, la réalisation lui restant cachée, la signification ne peut que lui échapper. Au delà du manuel, l'enseignant n'aborde guère plus, lorsque c'est le cas, la construction de la carte, et utilise celle-ci comme illustration ou document témoignant d'un terrain qu'il ne peut faire observer directement.

Confronté à des questions sur la production de la carte, l'élève construit ses réponses à partir de ses représentations primaires et des savoirs scolaires incomplets qui lui sont présentés. Les réponses spontanées ou provoquées à l'aide du QCM évoquent ainsi tout autant, sinon plus, les représentations personnelles d'élèves, que des savoirs incomplets sur les techniques de cartographie.

Questionnaire B, question 5

<i>La carte géologique est construite :</i>	Pourcentage
par confrontation des observations et des connaissances théoriques	45
par addition d'observations de terrain et de laboratoire	42
par interprétation d'observations	24
par addition d'observations de terrain	20
par dessin de photographies aériennes	14

(11) Biologie-Géologie, 1^{er}S. Coll. J. Escalier. Paris : Nathan. 1982. p. 226.

Questionnaire B, question 14

<i>La cartographie géologique est un travail</i>	Pourcentage
autant de terrain que de laboratoire	47
essentiellement de terrain et un peu de laboratoire	41
uniquement de terrain	8
essentiellement de laboratoire et un peu de terrain	1
uniquement de laboratoire	0

• *L'observation comme seul mot d'ordre*

À quelles observations de laboratoire ces réponses font-elles référence ? Si on note en parallèle à celles-ci, que seulement 8 % des élèves citaient spontanément le microscope comme matériel nécessaire à la réalisation d'une carte (question 7 du questionnaire A), que 13 % citaient les photographies (aériennes ?) et 7 % des études géologiques (de quelles études s'agit-il : de publications ou de cours universitaires ?), on peut sérieusement s'interroger. Les réponses précédentes passaient respectivement dans le QCM, à 33 % et 57 % (l'utilisation d'études géologiques ne faisait pas partie des réponses proposées).

Le laboratoire fait office de boîte noire, l'élève ne sait pas très bien ce qui s'y fait et n'en imagine rien de bien précis. Le laboratoire n'est pas dans leurs réponses la chambre noire où serait révélé, par un traitement particulier, ce qu'il reste d'obscur dans les observations. Le laboratoire n'est pas identifié comme lieu de production d'informations nouvelles (observations microscopiques, mesures, confrontations de données...), bien qu'il soit reconnu comme jouant un rôle dans la construction de la carte. Peut-être faut-il voir le laboratoire comme le lieu, où, rentrant d'excursion, l'enseignant demande une mise au propre des notes de terrain. Le travail du cartographe serait alors, par analogie, un travail de mise au propre.

la part de
l'observation est
survalorisée

La mise en avant de l'étude de terrain traduit une survalorisation de l'observation comme le montre les réponses à la question 4 du questionnaire B.

La place réservée aux photographies aériennes nous renvoie à l'idée d'une observation comme regard posé sur le terrain, et par exagération à une carte géologique figurative, c'est-à-dire construite par schématisation d'une photographie. On ne peut à la seule lecture de ces résultats prétendre que l'indication d'une utilisation de photographies signifie pour ces élèves, que la carte soit construite à partir de celles-ci, c'est-à-dire qu'elles jouent un rôle majeur. Cette idée est par contre apparue très clairement dans un des entretiens, où l'élève m'expliquait qu'on devait construire la carte à partir de photographies prises par hélicoptère.

Questionnaire B, question 4

<i>Pour construire une carte géologique, le géologue se procure des informations à partir</i>	Pourcentage
d'observations de terrain	79
de forages	73
de prélèvements d'échantillons	72
de l'étude des sols	64
de photographies aériennes	50
d'enregistrements sismiques	46
de l'étude de la végétation	11

La multiplication des images satellites (souvent confondues avec des photographies aériennes) favorise probablement l'idée que l'on peut voir de haut ce qui n'est pas visible au sol. Dans cette logique le sous-sol pourrait être étudié de l'espace, et ces images pourraient bien servir à construire des cartes. Il est encore plus probable que l'élève ne se représente pas la très faible surface des affleurements du sous-sol, même lorsqu'il vit en région de bocage.

Le très grand poids donné à l'observation se retrouve dans de nombreuses autres réponses. Ainsi, lorsque l'on place l'élève dans la situation où il ne peut observer de ses yeux le sous-sol, parce que celui-ci est recouvert par une formation superficielle ou par la végétation, il cherche par différents moyens à "voir" ce qui lui est caché.

Questionnaire A, question 9 et questionnaire B, question 12

<i>Comment un géologue détermine la nature du sous-sol lorsque celui-ci est recouvert d'un sol épais ou inaccessible parce que recouvert par un étang par exemple ?</i>	Questionnaire A question 9 (en %)	Questionnaire B question 12 (en %)
par des forages, carottages, sondages	49	82
par des études sismiques, des ondes	24	48
par déduction, supposition, extrapolation	12	32
en décapant le sol	-	7
par étude du sol	-	35
par étude de la nature de la végétation	-	31

Forer est la première nécessité pour la majorité d'entre eux : il faut dévoiler ce qui est caché en creusant ou en décapant ce qui le recouvre. Il faut voir de ses yeux. Les enregistrements sismiques (donnent essentiellement des informations sur la disposition des couches) sont assimilés probablement à des observations. Les enregistrements présentés en classe et les parallèles nombreux faits avec des échographies, voire des radiographies (!) assimilent les études sismiques à des observations et non à des reconstructions mathématisées. Les études de sol ou de végétation s'appuient sur des observations et à défaut de voir ce qui se trouve au dessous, en voyant le dessus on déterminera le dessous (sans grand intérêt pratique dans la réalité). Ils sont même 46 %, à la question 15 du questionnaire B, à répondre que tout ce qui est figuré sur une carte a été observé.

Toutes les réponses proposées renfermant l'action d'observer sont plébiscitées. Déduction, supposition, extrapolation ne font, en revanche, guère recette. Ces termes semblent détachés de l'observation, pire ils semblent crédités d'un degré d'approximation qui les éloignerait de la réalité telle que "l'observation la garantie". Même lorsque le QCM relie l'extrapolation à l'observation préalable ("*par extrapolation des observations les plus proches*"), cette solution à la reconstruction du non vu est délaissée. L'idée de construire une "réalité" non observable par leur raisonnement ne s'impose pas, elle est même écartée par une majorité.

À travers ces réponses, c'est toute la production de connaissances par la réflexion qui se trouve délaissée voire rejetée.

La signification donnée au terme *extrapolation* est peut être la cause de son rejet : le mot gêne, le mot bloque par ses associations conceptuelles. L'extrapolation mathématique consiste pour une fonction empirique à choisir des valeurs de variables en dehors des limites des valeurs réellement observées. L'extrapolation est reliée à l'observation, elle s'appuie sur celle-ci pour la dépasser. L'extrapolation au sens commun renvoie à l'idée de généralisation, de déduction plus ou moins fondée. L'extrapolation n'exclut pas l'erreur, elle ne peut que s'en préserver par une assise (argumentation) solide, c'est-à-dire ici, par des observations extérieures suffisantes, par des connaissances complémentaires, par des principes physiques, géométriques, stratigraphiques bien établis. Sans la connaissance de ces principes, et à plus forte raison de leur existence, l'élève ne peut que s'interroger sur les éléments de validation et le bien fondé des déductions des géologues.

L'absence de pratique de la déduction, du raisonnement à partir d'observations insuffisantes, l'absence de reconstruction d'événements à partir de seulement quelques éléments conduit (ou confine) à des représentations de la cartographie de terrain comme une addition d'observations... indépendantes bien sûr de l'observateur. Les données du géologue ne sont encore que des faits pour l'élève.

l'interprétation
est sous-estimée
par l'élève car
dévalorisée

comment
l'observation
s'oppose à la
réflexion

Au delà de cette survalorisation de l'observation dans la réalisation de la carte, c'est la place de l'observation et son sens en géologie et en biologie qui se trouvent ébranlés. L'accent mis à tous les niveaux de ces enseignements sur l'apprentissage de l'observation a fait croire longtemps, non seulement à l'existence d'une observation pure, détachée de l'observateur, mais également à une science qui n'aurait de validité que dans l'observation. Cette mise en avant systématique de l'observation a pour effet en la détachant de la déduction et de la réflexion d'en faire une science de la description, une science de "collectionneurs de timbres".

On trouve dans ces réponses l'expression d'une rupture entre l'observation et le raisonnement : on observe pour observer et on décrit pour distinguer. Mais au delà, que perçoivent les élèves ?

Cette capacité à produire le non vu, à partir du vu, à s'appuyer sur les propriétés et caractéristiques des éléments observables pour dévoiler ce qui est obscur, c'est-à-dire la nécessité d'interpréter, est semble-t-il ignorée. Ces représentations vis-à-vis de la carte traduisent une non prise en compte de sa dimension interprétative.

• *La part de l'observateur*

les théories
influencent le
tracé des cartes

Le tracé de la carte géologique (question 17 du questionnaire B) dépend des théories géologiques pour 71 % des élèves, mais est indépendant des auteurs (question 16 du questionnaire B) pour 68 %. De quelles manières les théories géologiques orientent-elles les cartes sans que ce soit à travers leurs auteurs ? Le terme de théorie a probablement été pris dans le sens de connaissances théoriques nécessaires à la construction technique de la carte, c'est-à-dire dans le sens de savoir technique spécifique. Ces savoirs sont alors jugés communs à tous les géologues et les réponses sont à prendre dans le sens : le tracé d'une carte est lié à la connaissance d'un ensemble de techniques précises permettant la transposition (automatisable ?) des levers en carte. Selon cette conception l'auteur est une machine qui exécute un programme donné, le savoir technique ; les auteurs sont interchangeable, ils n'interviennent pas personnellement dans la production.

les auteurs n'ont
pas d'influence
sur les tracés...

Sans vouloir faire dire à ces réponses plus qu'elles n'en peuvent dire, a-t-on à travers ces réponses l'expression d'une conviction d'un grand nombre d'élève : le savoir enseigné cherche ou tend à les rendre semblables... voire interchangeables ?

Les réponses obtenues ne sont que des pistes pour l'étude des représentations et leurs aspects parfois contradictoires doivent nous le rappeler. Ainsi, après que 71 % ont répondu que le tracé d'une carte dépendait des théories géologiques, ils ne sont plus que 18 % (question 18 du questionnaire B) à considérer qu'un changement des théories géologiques puisse être à l'origine d'une nouvelle édition corrigée d'une carte géologique.

l'observation
serait détachée
de l'observateur

L'idée d'une observation détachée de l'observateur, comme celle d'un savoir-faire détaché de celui qui fait, domine à travers ces réponses. Il est vrai que lorsqu'on leur dit depuis l'enfance "qu'observes-tu ?", on attend généralement qu'une seule réponse conforme à sa propre observation, voire à celle de l'institution dans laquelle on se situe. Observer devient alors rapidement observer juste, c'est-à-dire, comme l'autre. Le géologue est un homme dont le savoir est reconnu par ses semblables et son institution, il ne peut donc qu'observer juste, c'est-à-dire comme les autres. Savoir, étant comme on l'a dit précédemment "savoir ce qu'on vous a appris", le bon observateur n'a pas d'influence sur la transposition de la réalité du terrain en celle de la carte.

Lorsqu'on affirme que tout ce qui est figuré sur une carte a été observé, ils sont 46 % à acquiescer et 54 % à le nier. On peut dans un premier temps considérer qu'un élève sur deux reconnaît une dimension interprétative à la carte : elle est le produit d'une construction à partir d'observations incomplètes. Il faut alors se souvenir qu'ils n'étaient que 32 % à accepter l'idée de reconstruction par extrapolation. Il semble donc que sans réussir à expliquer comment la carte est construite, certains élèves reconnaissent à l'observation une insuffisance pratique ou technique et donc la nécessité parfois de faire sans.

• *La part de l'interprétation*

la carte contient
une part
d'interprétation

Certaines questions plaçaient directement l'élève face au problème de l'interprétation contenue dans la carte géologique. *A priori* celle-ci fait partie des représentations de la dimension intellectuelle de la carte, malgré ce que j'ai pu dire jusqu'alors, puisqu'ils sont 74 % à affirmer que "la carte est une *interprétation raisonnée de l'observation de la Terre*" (question 20 du questionnaire B). Quel sens peut bien avoir cette affirmation qui leur était proposée ? L'interprétation était qualifiée de raisonnée, ce qui la gratifiait d'une considération favorable, voire même validait l'affirmation. De raisonnée à raison et de raison à vérité, l'enchaînement est aisé. Cette interprétation raisonnée porte enfin sur une action survalorisée, l'observation. L'affirmation proposée portait en elle les ingrédients d'un consensus prévisible que nous pouvons fortement nuancer. Ils n'étaient que 24 % à considérer dans la question 5 du questionnaire B que "la carte géologique était construite par interprétation d'observations" (il n'était pas alors précisé qu'elle puisse être raisonnée !) et seulement 38 % (question 18 du questionnaire B) à rapporter les rééditions successives des cartes à des erreurs d'interprétations (si l'interprétation est niée, elle ne peut être la cause d'erreurs), contre 83 % qui les expliquaient par la mise en œuvre de techniques nouvelles permettant d'observer plus de choses.

L'interprétation lorsqu'elle n'est pas ignorée n'est pas définie. Ce travail intellectuel qui consiste dans un document à

déterminer ce qui est données de ce qui est interprétation de données n'est guère développé non plus dans les apprentissages. Les mélanges d'images figuratives et d'images interprétatives, d'images descriptives et de reconstitutions hypothétiques, sans identification des genres comme on le voit dans les manuels scolaires et à travers les médias, ne sont pas de nature à les aider dans cette distinction. Bien au contraire, ils ne peuvent que rendre encore plus floue une frontière déjà peu tranchée. La prégnance du terme image tire dans ce cas tous ces documents vers le figuratif.

3. BILAN SUR LES REPRÉSENTATIONS AUTOUR DE LA CARTE GÉOLOGIQUE

3.1. Des obstacles

Ces deux questionnaires, qui se révèlent fort insuffisants lors de leur exploitation pour confronter avec certitude des réponses parfois contradictoires, n'en permettent pas moins de révéler quelques représentations bien ancrées vis-à-vis de la carte. Celles-ci renvoient à la fois à des représentations générales de la carte et de la cartographie, et à des représentations du métier de géologue très liées à leur vécu d'élève.

la réalité pratique
de la
construction de
la carte est
ignorée

Les élèves de Première scientifique n'ont qu'une vague idée de la construction pratique (matérielle) de la carte, c'est-à-dire des conditions de lever de l'aspect physique du terrain et des aspects financiers associés. Ces représentations s'appuient sur des informations insuffisantes fournies au cours de leur apprentissage et sur des reconstructions personnelles guidées par la nécessité de voir les choses pour les décrire ou pour les comprendre.

les dimensions
spatiales et
temporelles sont
très mal perçues

Ces représentations expriment des faiblesses de spatialisation (les roches ne sont pas imaginées dans l'espace, elles ne se prolongent pas dans le non-vu), de raisonnement géométrique (la disposition n'est pas reliée à des principes physiques ou mathématiques), de positionnement temporel (sous représentation des indicateurs de durée ou de chronologie). L'espace à quatre dimensions de la carte géologique n'est perçu que dans les deux dimensions du plan. Il n'y a pas véritablement de reconstitution.

le raisonnement
est sous-estimé
au profit de
l'observation

L'observation est un souci mis en avant, mais est détachée de l'observateur. Le processus de décentration de l'observateur par rapport à l'objet de son observation n'est guère amorcé. L'absence de prise en compte d'une individualisation des savoirs fait ignorer l'effet de l'homme (le géologue) sur sa production. Parallèlement le raisonnement comme outil majeur de la production de la carte est négligé. Cette négligence du raisonnement fait sous estimer la part d'interprétation présente dans la carte géologique et lui attribue

une valeur figurative excessive pour ne pas dire disproportionnée.

Cette étude nous montre un décalage important entre ce qu'est la carte pour un géologue, et ce qu'elle représente pour l'élève. Elle pose le problème du comment elle est enseignée, selon quels objectifs et avec quels moyens. Elle met en évidence des obstacles communs, tel la présentation simultanée du temps et de l'espace, d'un objet dans sa dimension matérielle et temporelle, tel la représentation d'une pratique approchée uniquement par un apprentissage scolaire théorique. Elle met en évidence une situation conflictuelle, qui dépasse, et de loin, la simple production de la carte, la relation entre l'observation et la déduction.

À travers la carte géologique, c'est la géologie (voire la biologie) qui passe pour une somme d'observations détachées du raisonnement et sans relations établies.

3.2. Que faire des représentations ?

Faire sans les représentations n'est pas possible (bien que ce soit ce que nous faisons en grande partie), faire avec est délicat, faire contre n'est peut-être pas très efficace, "*faire avec pour aller contre*" est une solution à développer (12). Du débat autour de l'origine des représentations, de leur ancrage si précoce qu'un autre apprentissage ne servirait à rien, ou, au contraire, de la possibilité d'un autre apprentissage construit autour de celles-ci pour les faire changer, que retenir, que proposer ?

Faire un cours sur les techniques de la cartographie après avoir fait s'exprimer les représentations d'élèves, ne pourrait que "corriger" des erreurs ponctuelles liées à une absence d'informations, mais ne pourrait remplacer une véritable remise en cause des représentations, par l'expérience personnelle. Le savoir sur la carte est avant tout un savoir pratique, même s'il est inséparable d'un savoir géologique beaucoup plus large. L'appropriation de la carte dans sa dimension d'outil géologique ne peut se faire qu'à partir d'une construction puis d'une utilisation de l'outil. Pour cela, il faut mettre l'élève en situation de faire, c'est-à-dire revoir profondément l'actuel apprentissage scolaire.

comment
acquérir un
savoir pratique
sans pratique ?

3.3. Un autre apprentissage de la carte

Cartographier un terrain, établir des levés, c'est **savoir lire** une carte topographique, c'est-à-dire savoir y situer un point et savoir trouver sur le terrain, un point à partir de celle-ci. Cartographier un terrain c'est savoir poser sur la nature un regard descriptif, analytique. C'est aussi faire la part de l'imaginaire, de la sensation, des émotions. C'est se construire une grille d'observation à partir de règles, de principes, de caractéristiques clairement identifiées. L'obser-

lire une carte
passe par
construire une
carte

(12) Ibidem (8)**

vation pure est un mythe, nous ne pouvons que tendre à réduire la part de l'individu dans son observation par une définition explicite des critères d'observation. Réduire la part de l'individu ne signifie pas présenter des observations brutes, qui ne seraient que la transposition directe de la subjectivité du prospecteur au lecteur. Ce qui est objectif, c'est le document travaillé, interprété, à la lumière des connaissances d'une communauté scientifique.

Pour être concret, déterminer une roche consiste à reconnaître d'après leurs propriétés physiques ou chimiques les minéraux qui la constituent et non à porter un regard global sur l'allure de l'échantillon.

lever une carte
forme à
l'observation

Observer s'apprend, lever une carte y concourt. Le géologue doit savoir chercher l'affleurement, chercher la roche et distinguer une "pierre volante (13)" rapportée, d'une "pierre volante" témoin du sous-sol. Il doit soumettre ses observations à une critique en règle, pour en déterminer la pertinence significative. Il doit savoir casser un échantillon, ne pas se contenter de l'aspect extérieur des roches, que bien des facteurs du milieu ont pu modifier. La nature-même des objets peut être voilée, il faut pénétrer dans ces roches, les forcer à livrer leur véritable nature. La démarche est commune aux sciences du vivant ou de la matière.

lever une carte
forme à la
détermination,
la classification

Pour **déterminer** la nature pétrographique d'un affleurement, il faut savoir déterminer la composition minérale des roches, c'est-à-dire avoir recours à des techniques spécifiques d'observations microscopiques, mettant en jeu des propriétés physiques. La détermination peut dépendre également de réactions chimiques. Elle fait appel en amont à des connaissances pétrographiques, sédimentologiques, stratigraphiques, paléontologiques, etc. et renvoie vers des techniques plus sophistiquées, qui sans être accessibles à l'apprenant, le mettent en relation avec des sciences et techniques du monde de la recherche. Ce n'est pas aider un élève que de le laisser nommer des objets sur leur allure générale par ressemblance à un modèle.

mesurer un
pendage c'est
raisonner dans
l'espace

Déterminer la position spatiale d'un affleurement c'est mesurer son pendage, sa direction, c'est chercher à se représenter l'observation dans un référentiel plus abstrait, c'est chercher également à prolonger le vu par le non vu, à **inférer** le non observable à partir de l'observable. Cette démarche d'extrapolation exprime ses limites et est de nature à faire prendre conscience de la part d'interprétation qui conditionne le discours géologique. Cet exercice doit faciliter, de plus la lecture d'une carte, la compréhension des indications de pendage et la reconstruction de la troisième dimension. La carte devient dès lors le prolongement d'observations potentielles.

(13) On appelle "pierre volante" un échantillon trouvé sans contact avec la roche-mère : des pierres à la surface d'un champ par exemple.

la construction
de la carte
comme outil de
formation

Construire une carte c'est **s'approprier l'objet et s'en faire un outil**. Nous pourrions encore développer longuement la diversité des savoirs et savoir-faire que met en œuvre la réalisation pratique d'une carte, cela ne ferait que renforcer cette conviction qu'elle devrait faire partie de l'apprentissage scolaire. En produisant lui-même une carte, l'élève n'est plus extérieur aux préoccupations du géologue et mesure par lui-même la part de réalité de l'objet qu'il produit. En confrontant son travail aux autres (cartes d'élèves ou cartes officielles) il est amené à s'interroger sur la raison des divergences éventuelles et à chercher comment y remédier. L'élève est amené à une confrontation personnelle de ses représentations avec son expérience et non avec un savoir qui lui est exposé.

Déterminer une roche, en localiser une autre sur une carte ne devient plus dès lors un exercice de style, mais une étape nécessaire à un apprentissage plus large. On peut donc concevoir de construire un apprentissage de la géologie autour d'une découverte descriptive d'une région et de la production d'une carte. On peut modifier l'approche de la géologie et les représentations vis-à-vis de la carte en redonnant à celle-ci l'importance intellectuelle, que, reléguée dans un rôle illustratif de manuels, elle avait perdue. Il ne s'agit pas de plaider par nostalgie la cause d'une carte, que la géologie des modèles physiques a remise au placard de nos salles d'enseignement, mais de s'appuyer sur les potentialités de l'outil pour corriger des représentations erronées qui touchent toute la géologie.

Lorsque l'on passe en revue les compétences nécessaires à la lecture d'une carte géologique, on peut se dire que pour y parvenir il faut être géologue, ce qui n'est pas l'objectif bien sûr de notre enseignement. La carte peut, certes, être partiellement accessible à différents niveaux et se suffire pour cela d'un apprentissage moins poussé que celui développé par sa construction, mais l'idée que je veux développer, c'est qu'à travers un apprentissage plus profond de la carte, c'est un ensemble de compétences que l'on développe, bien au-delà de la carte elle-même. La carte géologique est un de ces objets-outils permettant l'acquisition, autant de savoirs spécialisés, que de savoir-faire plus généraux.

Pierre SAVATON
Lycée Littré, Avranches