



HAL
open science

Une révolution dans l'enseignement des sciences de la Terre en collèges et lycées : l'introduction de la tectonique des plaques 1980-1988

Pierre Savaton

► To cite this version:

Pierre Savaton. Une révolution dans l'enseignement des sciences de la Terre en collèges et lycées : l'introduction de la tectonique des plaques 1980-1988. Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, 2018, 3ème série (tome 32), pp.103-126. hal-04149513

HAL Id: hal-04149513

<https://hal.science/hal-04149513>

Submitted on 3 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Une révolution dans l'enseignement des sciences de la Terre en collèges et lycées : l'introduction de la tectonique des plaques 1980-1988

Pierre SAVATON

Département biologie et sciences de la Terre, UFR des sciences, université de Caen Normandie
& Centre François Viète (EA1161), université de Nantes.
pierre.savaton@unicaen.fr

Résumé. Dans les années 1980, les programmes d'enseignement de la géologie des classes du secondaire introduisent le modèle de la tectonique des plaques. Pendant près d'un siècle, les programmes avaient mis en avant l'étude des roches et des fossiles, l'étude des processus générateurs de roches et de paysages et la présentation de l'histoire géologique de la France. En quelques années seulement, ces contenus sont remplacés, la géologie locale cède la place à une géodynamique globale, les échantillons sont remplacés par des documents. L'article présente et discute ce changement majeur des programmes officiels et des manuels scolaires. Peut-on parler d'une révolution dans les programmes d'enseignement du secondaire comme on a parlé d'une révolution dans les sciences de la Terre ?

Mots-clés : Tectonique des plaques – enseignement secondaire – programmes d'enseignement – histoire de l'enseignement – révolution scientifique

Abstract. In the 1980s, secondary school geology curricula introduce the plate tectonics model. For nearly a century, the programmes had focused on the study of rocks and fossils, the study of rock and landscape generating processes and the presentation of the geological history of France. In only a few years these contents are replaced, local geology gave way to global geodynamics, fields samples are replaced by documents. The article presents and discusses this major change in official curricula and textbooks. Can we talk about a revolution in secondary school curricula as we have talked about a revolution in the earth sciences ?

Keywords : Plate tectonic – secondary education – curricula – educational history – scientific revolution

La publication en 1968 dans *Journal of Geophysical Research* des articles de Jason Morgan et Xavier Le Pichon¹ est classiquement retenue comme date d'établissement, sinon de reconnaissance, de la théorie de la tectonique des plaques comme paradigme des sciences de la Terre. Les auteurs confirmaient alors le modèle en construction depuis le début des années 1960 en

démontrant mécaniquement la possibilité d'expliquer la dynamique de la surface du Globe par la découpe de celle-ci en grandes plaques lithosphériques mobiles, limitées par des zones de divergences et de création de fonds océaniques, des zones de convergences et de disparition de ces fonds, et des zones de décrochement assurant le passage des unes aux autres. La rapidité de la

¹ Jason Morgan, 1968, Rises, Trenches, Great Faults, and Crustal Blocks, *Journ. geophys. Res.*, **73**, N°6, March 15, p. 1959-1982. Xavier Le Pichon, 1968, Sea-Floor Spreading and

Continental Drift, *Journ. geophys. Res.*, **73**, n°12, June 15, p. 3661-3697.

construction de ce modèle et plus encore celle de l'adhésion de la communauté géophysicienne internationale apparaissait aux yeux de beaucoup comme l'illustration magistrale d'une révolution scientifique au sein des sciences de la Terre. L'ouvrage d'Anthony Hallam en 1973 (*A Revolution in the Earth Sciences*), traduit en français trois ans plus tard, vulgarisa rapidement cette idée². La référence directe à la structure des révolutions scientifiques exposée par Thomas Kuhn³ dans son ouvrage de 1962 fut toutefois presque aussitôt discutée par plusieurs épistémologues⁴. Existait-il véritablement un paradigme avant l'avènement de celui-ci ? Venait-on d'assister au remplacement d'un paradigme par un autre ou à l'émergence d'un cadre désormais commun aux travaux des géophysiciens et géologues ? Devait-on parler de révolution, d'évolution ou de fondation ?

Pareilles questions peuvent être posées à l'enseignement de la géologie. L'introduction de nouveaux concepts et théories dans l'enseignement universitaire est un indicateur majeur de reconnaissance et de légitimation des savoirs par la communauté scientifique. L'autonomie des universités en guise de contenus scientifiques enseignés, expression de la responsabilité intellectuelle de ses enseignants, leur permet de transférer parfois très rapidement des savoirs nouveaux produits par la recherche en savoirs enseignés. La transposition scolaire de ces savoirs est un processus beaucoup plus complexe, déterminé dans un premier temps par la publication officielle de programmes et instructions relatives à la mise en œuvre de ces programmes. La construction d'un curriculum prescrit et sa traduction dans l'enseignement mis en œuvre dans les classes (curriculum réel) met en jeu un trop grand nombre de contingences pour que nous les discutons et les présentions dans cet article. Nous renvoyons donc

le lecteur aux travaux de didactique sur la construction des curricula, pour centrer exclusivement notre interrogation sur les modifications de contenus scientifiques observables dans les programmes (savoirs prescrits) et dans les manuels scolaires, pris comme une expression d'une mise en œuvre des savoirs prescrits. Les sciences de la Terre enseignées dans les classes du secondaire ont-elles connu à la fin des années 1980 une modification majeure de leurs programmes qui puisse nous conduire à parler là aussi de révolution ? Peut-on affirmer, au sens de Kuhn, qu'à une période d'enseignement normal de la géologie a succédé brutalement un nouvel enseignement de la géologie déterminé par un nouveau paradigme scientifique, celui de la tectonique des plaques ?

Les disciplines de l'enseignement secondaire français actuel sont héritées de lois scolaires révolutionnaires et napoléoniennes. D'emblée, cet enseignement a comporté des notions et concepts de minéralogie, puis de géologie. Un cours d'histoire naturelle associant zoologie, botanique, géologie et physiologie s'y est progressivement établi au cours du XIX^e siècle, de la classe de sixième jusqu'à la classe du baccalauréat. En 1880, la classe de quatrième comporte un cours spécifique de géologie et des notions sont reprises en classe de philosophie pour d'éventuelles interrogations lors de l'oral du baccalauréat. Depuis cette date, la géologie a toujours été enseignée dans le secondaire⁵.

L'inspecteur général de sciences naturelles Firmin Campan, souhaitait en 1965 que la réforme en cours du second cycle soit une occasion « *pour faire à notre enseignement [de sciences naturelles], autant qu'il est possible, un nouveau pas en avant, peut-être même, pour proposer certains*

²Anthony Hallam, 1973, *A Revolution in the Earth science : From Continental Drift to Plate Tectonics*, Oxford : Clarendon Press.

³Thomas S. Kuhn, 1962, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago : University of Chicago Press.

⁴Ursula Marvin, 1973, *Continental Drift : The Evolution of a Concept*, Washington : Smithsonian Institution Press. David Kitts, 1974, *Continental Drift and Scientific Revolution*, *Bull. Am. Ass. Petroleum geologists*, **58**, p. 2490-2496. Michael Ruse, 1978, *What Kind of Revolution Occurred in Geology ? Proceedings of*

the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, p. 240-273. Rachel Laudan, 1978, *The Recent Revolution in Geology and Kuhn's Theory of Scientific Change*, *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, p. 227-239.

⁵Pierre Savaton, 2002, *De la Minéralogie aux sciences de la Terre : la géologie dans l'enseignement secondaire de 1795 à 1988*, *Rev. hist. Sc.*, décembre 2002, 55/4, p. 533-558.

changements, sinon une révolution »⁶. Son allocution devant le congrès de l'Association des professeurs de biologie et géologie de l'enseignement secondaire appuyait alors une réforme des plans d'études et appelait de ses vœux une forte rénovation des contenus enseignés. La révolution souhaitée ne fut pas au rendez-vous. En revanche, l'apparition du modèle de la tectonique des plaques dans les programmes de la classe de troisième à la rentrée de 1980 relève peut-être d'une révolution par l'ampleur et la rapidité des changements qui suivirent dans l'enseignement de la géologie. Peut-on, en paraphrasant le titre de l'ouvrage d'Hallam, parler d'une révolution dans l'enseignement secondaire des sciences de la Terre ? C'est ce que nous nous proposons de discuter ici. Nous replacerons pour cela ce moment réformateur dans une histoire de l'enseignement secondaire de la géologie, de manière à questionner les continuités et ruptures dans les programmes, les méthodes, les activités, les supports et outils pédagogiques et didactiques, et de manière aussi à discuter les caractéristiques justifiant selon nous ce qualificatif de révolution. Notre étude s'appuie fondamentalement sur les programmes et instructions officielles cadrant les enseignements des classes secondaires, et sur les manuels scolaires correspondants. Elle ne prétend pas réduire le curriculum réel (le savoir enseigné en classes) à ces deux indicateurs mais postule leur pertinence pour une étude comparative.

L'enseignement de la géologie de 1880 à 1980 : une stabilité des programmes

Pour discuter l'idée d'une révolution dans l'enseignement des sciences de la Terre, il est nécessaire de caractériser celui-ci avant l'introduction du modèle de la tectonique des plaques. L'article de Philippe Le Vigouroux (2018) traitant des échos dans cet enseignement de la théorie des translations continentales proposée par Alfred Wegener, nous ne reviendrons pas sur la première moitié du XX^e siècle. Gardons cependant à l'esprit que le cours de géologie des classes de quatrième repose à partir de 1880 sur une étude

des roches et des fossiles, une étude des phénomènes géologiques actuels et une étude du sol de France, c'est-à-dire de l'histoire géologique du sous-sol. La géologie est également enseignée de 1902 à 1912 en classe de seconde sous forme de 12 conférences et fait l'objet de quelques rappels et compléments en classe terminale (classe de philosophie) sur des notions de paléontologie, en lien avec l'idée d'évolution. La stabilité de ces programmes dans le temps est à relier à la stabilité de l'organisation du système éducatif durant cette période.

En 1959, la réforme du système éducatif, conduite par le puissant homme politique Jean Berthoin (1885-1979), met fin à la dualité scolaire. La loi de 1802 avait établi un système éducatif distinguant un enseignement secondaire destiné à la scolarisation d'une élite et un enseignement primaire pour le peuple. L'Empire se chargea rapidement d'organiser le premier, assuré par les collèges communaux et les lycées nationaux, la monarchie de Juillet obligea les communes à mettre en œuvre le second (loi Guizot de 1833). L'ordre secondaire avait ses propres classes élémentaires, il était totalement indépendant. L'ordre primaire, devant la demande croissante d'une prolongation des études au-delà du « lire, écrire, compter », se dota à la fin du XIX^e siècle d'écoles primaires supérieures et de cours complémentaires où les enseignements reprirent très vite le modèle des disciplines du secondaire. Ordre secondaire et ordre primaire étaient pensés pour la scolarisation des garçons. Pour ce qui est de la scolarisation des filles, l'État laissa ce soin aux familles et aux congrégations jusqu'aux lois de Jules Ferry et Camille Sée. La scolarité obligatoire jusqu'à 13 ans (1882), la demande de qualification croissante des entreprises, l'aspiration à des emplois qualifiés, le rapprochement des hommes dans les tranchées de la Grande Guerre, leur remplacement momentané par des femmes, les changements politiques des années 1920... ne cessèrent de poser la question de la justification du maintien de cette organisation du système éducatif. Le rapprochement puis l'alignement des programmes d'études des écoles

⁶Firmin Campan, 1965, Allocution le 14 septembre 1965 devant le congrès de l'APBG, *Biologie-Géologie*, 4, 1965, p. 327.

primaires supérieures (EPS) et du premier cycle du secondaire (1938), la transformation des EPS en collèges modernes (1941), la multiplication et l'allongement des cours complémentaires dès la Libération, le besoin d'ouvriers spécialisés, de techniciens, d'ingénieurs, de cadres pour la reconstruction de la France, le coût et les difficultés à planifier et gérer un système éducatif fait d'une très grande diversité d'établissements, le « boom » des naissances... poussaient à réformer profondément ce système éducatif.

En 1959, la réforme Berthoin réorganise l'enseignement en fusionnant les deux ordres scolaires parallèles en deux degrés successifs d'un seul système. La scolarité obligatoire est prolongée jusqu'à 16 ans. La France souhaite élever le niveau général des qualifications et favoriser la poursuite d'études d'un plus grand nombre.

C'est dans ce contexte de massification de l'enseignement qu'il nous faut replacer les programmes d'enseignement de la géologie réformés dès la rentrée de 1958. Les sciences naturelles comportent toujours un cours de géologie en classe de quatrième. Celui-ci dans ses grandes lignes est inchangé depuis 1880⁷. À l'étude des principales roches de la région, s'ajoutent l'étude des phénomènes géologiques, l'histoire de la Terre (observation et compréhension de la géologie locale, esquisse d'une carte géologique simplifiée) et les liens entre sol, sous-sol et activités humaines. Cette continuité des programmes, mais aussi des exemples locaux choisis par les auteurs des manuels scolaires a contribué à la construction d'une culture géologique générale transgénérationnelle. Certains sites géologiques désormais classés dans nos inventaires du patrimoine géologique de la France relevaient déjà d'un patrimoine scolaire immatériel⁸. Dans l'esprit des instructions de 1902 relatives aux méthodes et pratiques d'enseignement de cette discipline, le

cours doit s'appuyer sur des observations concrètes d'objets et de paysages, sur des manipulations et des expérimentations. On y étudie les propriétés de la craie ou des argiles. Les fossiles ne sont pas l'objet spécifique d'études en classe de quatrième, mais le sont dans les classes de première des sections C' et M⁹. Le programme des classes de mathématiques, philosophie et sciences expérimentales (désignation des trois filières de classes terminales) introduit également de manière marginale l'étude « *d'un fait paléontologique de l'évolution* ». La lignée évolutive du cheval avec l'observation des crânes, des molaires et des os des membres est l'exemple présenté par les manuels scolaires. Des moulages de ces dents et de ces os sont classiquement commercialisés par les fournisseurs de matériels de laboratoires. En règle générale l'enseignement de la géologie privilégie les exemples locaux et les instructions officielles invitent les enseignants à appuyer leur cours sur une excursion¹⁰.

La réforme de 1959 est prolongée en 1965 par une réorganisation des sections du second cycle du second degré. Les sciences naturelles gagnent en reconnaissance au sein de la section D, « mathématiques et sciences naturelles ». Au cours des années 1950, les sections C' et M' avaient expérimenté un enseignement moderne, sans latin, mais avec un enseignement de sciences naturelles sous forme de cours (1 h 30 par semaine) et de travaux pratiques (1 h 30 par semaine) pour donner plus de place aux observations et expérimentations¹¹. Malgré les critiques, cette filière a attiré un nombre important d'élèves et notamment ceux issus des anciens cours complémentaires de l'ordre primaire. La classe terminale de sciences expérimentales, pourtant déconseillée aux élèves de ces sections qui souhaitaient poursuivre des études supérieures en sciences, a convaincu de son utilité à côté de la classe de mathématiques et

⁷Cf. annexe 1.

⁸Pierre Savaton, 2015, Le patrimoine géologique... des manuels scolaires », in Jacques Avoine & Laura Baillet (eds), Actes du colloque « Géopatrimoine, quel avenir pour le patrimoine géologique en France ? ». 15-18 octobre 2013, Caen. - *Mém. H.S. Soc. géol. Fr.*, 15, 230, p. 41-50.

⁹Cf. annexe 2.

¹⁰ Pierre Savaton, 2005, Le terrain dans l'enseignement

secondaire (1902-2002), *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris* (2005), 42, N° 3, p. 3-7.

¹¹ Pierre Savaton, 2010, L'enseignement secondaire des sciences naturelles dans les années 1950 : un nouvel enseignement moderne". In : R. D'Enfert & P. Kahn (dir.). *En attendant la réforme. Disciplines scolaires et politiques éducatives sous la IV^e République*, Grenoble : PUG, 2010, p. 101-114.

d'un élitisme incompatible avec une massification des effectifs. À la rentrée 1965, les sciences naturelles disparaissent de la classe de seconde scientifique (seconde C), mais sont enseignées désormais à hauteur de 1 h de cours et 2 h de TP en première D, 4 h de cours en terminale D. Cette section donne à cette discipline une place sans précédent avec des programmes construits sur le modèle des enseignements universitaires. Les sciences naturelles sont reconnues comme discipline générale dans le premier cycle et discipline de spécialisation dans le second¹².

Le programme de la classe de première D renferme un enseignement de géologie qui reflète celui du premier cycle universitaire¹³. Sous le titre « Quelques aspects de la connaissance de la Terre », le cours traite, après une introduction générale :

- des roches (notions de pétrographie) ;
- des fossiles (notions de paléontologie) ;
- des microfossiles (notions de micropaléontologie) ;
- des couches de terrains (notions de stratigraphie) ;
- des mouvements de l'écorce terrestre (notions de tectonique) ;
- des paysages (notions de morphologie) ;
- des sols : aperçu sur la genèse.

Il s'achève par un essai de synthèse régionale à partir des études précédentes des roches, fossiles et terrains locaux.

En classe terminale D, le programme de biologie comporte encore une étude sur l'évolution. Elle s'appuie largement sur la paléontologie en présentant « *quelques grandes étapes de l'évolution de la vie* » : l'apparition de la vie, la conquête du milieu aérien, les adaptations des reptiles au Secondaire, l'évolution des mammifères au Tertiaire, l'origine et l'évolution de l'homme¹⁴...

L'accroissement des effectifs scolaires et

l'hétérogénéité croissante des connaissances et compétences des élèves à l'entrée en classe de sixième conduit en 1970 à des modifications des programmes du premier cycle. Il s'agit surtout d'alléger ceux-ci et de modifier la méthode en organisant le travail sous forme de travaux dirigés en groupes à effectifs réduits à 24 élèves au maximum. En classe de quatrième, l'heure hebdomadaire porte sur l'étude des roches et fossiles de la région au service d'une compréhension de la géologie régionale et sur l'établissement d'une carte géologique élémentaire¹⁵. Il s'agit de localiser sur une carte géographique les observations réalisées sur le terrain : la dimension interprétative et synthétique est jugée hors de portée.

La loi de 1975 réorganise le premier cycle du second degré. Depuis la réunion des ordres primaire et secondaire en 1959 et l'élévation de l'âge de la scolarité obligatoire jusqu'à 16 ans, les élèves d'une même classe d'âge se répartissaient entre différents établissements scolaires héritiers des systèmes précédents ou nouvellement créés au cours des années 1960 : collège d'enseignement général (CEG), collège d'enseignement technique (CET), premier cycle des lycées ou « petit lycée », collège d'enseignement secondaire (CES). La loi établit que désormais il n'y aura plus qu'un seul type d'établissement du premier cycle du second degré. C'est la création du collège unique, par la suite désigné comme le collège pour tous. À la sortie de l'enseignement élémentaire (CM2), tous les élèves entrent désormais au collège de leur secteur géographique (carte scolaire). La répartition des élèves dans les classes doit s'effectuer sans distinction de niveau et de compétences : l'hétérogénéité des classes est fondée. Les classes de sixième et de cinquième constituent le cycle d'observation ; les classes de quatrième et de troisième, le cycle d'orientation.

Les plans d'études et les programmes sont

¹²Pierre Savaton, 2011, L'enseignement des sciences naturelles dans les années 1960 : entre réformes, révolution et reconnaissance, In, D'Enfert R. & P. Kahn (dir.), *La politique scolaire des années 1960 : aspects institutionnels et enjeux disciplinaires*, Grenoble : PUG, p. 121-139.

¹³Programme de sciences naturelles de la classe de première D,

B O n°31, 4 août 1966, p. 1751-1755.

¹⁴Programmes de sciences naturelles de la classe de terminale D, B O, 4 août 1966, p. 1755-1761. Cf. annexe 4.

¹⁵Programmes de sciences naturelles des classes de quatrième, B O n°14, 2 avril 1970, p. 1172-1173. Cf. annexe 5.

modifiés et se mettent en place rentrée après rentrée à partir de 1977. La géologie est désormais enseignée au premier cycle en deux temps. En classe de quatrième est conservée l'étude des roches, prises en priorité dans la région. En classe de troisième où les élèves sont jugés plus matures, cet enseignement est repris au service d'un essai de reconstitution de l'histoire géologique régionale et complété par l'étude des « *grandes manifestations* » de l'activité terrestre et l'histoire de la Terre¹⁶. Ce programme de géologie de la classe de troisième, mis en œuvre à la rentrée de 1980, rompt avec la tradition en introduisant l'étude de la dynamique terrestre.

1980 : l'introduction de la tectonique des plaques en classe de troisième

Les enseignements de géologie représentent deux tiers des horaires annuels de sciences naturelles en classe de quatrième et un quart en classe de troisième, soit une douzaine d'heures. Le cycle d'orientation doit perfectionner l'aptitude à la communication, développer l'esprit d'observation, l'analyse, l'imagination créatrice, le raisonnement, la synthèse, l'abstraction. « *Science historique, la Géologie, dynamique malgré le statisme apparent de ses objets, obligera l'élève, par le jeu de la réflexion et de l'imagination, à plonger plus loin dans l'espace et dans le temps.* »¹⁷ Les instructions affirment laisser une grande marge d'initiative aux professeurs pour s'adapter au niveau de la classe, mais également aux ressources géologiques régionales. « *L'accumulation de connaissances est exclue : le but est d'initier aux démarches, aux attitudes, aux méthodes du Géologue, de rendre l'élève capable d'adopter le comportement du Géologue, donc l'attitude scientifique au contact des paysages découverts et des objets géologiques récoltés lors de ses activités scolaires et extra-scolaires.* »¹⁸ La démarche du géologue « *trouve son originalité* » par rapport à la physiologie dans le fait que « *la vérification des hypothèses passe, en classe de quatrième, non par l'expérimentation, mais par la sommation d'observations nouvelles* ».

L'attitude doit être « *hypothético-déductive* » et en classe de troisième il convient de souligner « *le caractère plus ou moins probable des théories et des lois* ». La reconstitution de l'histoire géologique régionale, à partir surtout des observations réalisées l'année précédente en classe de quatrième, se prolonge par l'établissement d'une carte géologique limitée à l'identification des grands ensembles géologiques. L'étude du dynamisme terrestre doit s'appuyer sur quelques exemples concrets fondés sur des documents. Aux manifestations de la dynamique externe (érosion, sédimentation) déjà abordées l'année de quatrième, il faut ajouter des exemples de dynamique interne (volcanisme, séismes, déformations de l'écorce terrestre). Un modèle de structure du Globe est alors à proposer. « *On se gardera d'aborder la Tectonique globale par le biais d'un exposé synthétique dogmatique n'aboutissant, en Troisième, qu'à un schéma simpliste pour lequel l'élève du premier cycle ne peut comprendre les méthodes et les raisonnements qui ont servi à l'établir. Cependant, la présentation de documents (carte du fond des océans, planisphère, mesure de l'éloignement de certains continents, structure du globe, ...) permettra de préciser et de coordonner des informations issues de l'école parallèle, de confirmer l'existence de mouvements lents des continents, de voir dans ces mouvements la cause hypothétique des manifestations de la géodynamique interne.* » L'expression école parallèle, ni reprise ni expliquée par ailleurs dans le texte, semble désigner ici la géophysique. Les instructions officielles ne sont pas plus précises sur les contenus de ces programmes, mais les auteurs de manuels semblent bien y avoir lu une invitation à introduire dans cet enseignement des documents et conclusions relatives à l'expansion des océans et à la théorie des plaques. Les manuels sont alors considérés comme des auxiliaires de l'élève et de l'enseignant, aussi bien par les instructions officielles que par leurs auteurs. Les textes et documents qui y sont rassemblés sont des aides au service d'une démarche visant à placer l'élève en situation de recherche, à favoriser l'observation et

¹⁶ Programmes de sciences naturelles des classes de quatrième et troisième (B O n° spécial 4 bis, 11 janvier 1979, p. 460-462). Cf. annexe 6.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*

le questionnement, puis la recherche de réponses et enfin le bilan et la synthèse. Au livre de l'élève s'ajoute alors fréquemment un livre du professeur ou un fichier pédagogique pour le guider dans son exploitation et lui fournir des ressources complémentaires. La massification de l'enseignement a nécessité de diversifier le recrutement des enseignants et les cursus universitaires ont parfois besoin d'être complétés.

Passons en revue les propositions de mise en œuvre de ces programmes défendue par les auteurs des manuels scolaires disponibles. L'introduction du modèle de la tectonique des plaques dans les programmes de troisième fait entrer dans les manuels scolaires une série de documents nouveaux, mais souvent communs aux différents éditeurs. Leurs choix sont fortement contingentés par les sources disponibles, mais aussi par leur réception scientifique, épistémologique et pédagogique du modèle.

Les auteurs du *Cours Debrune* aux éditions **Belin** écrivent dans leur préface aux professeurs : « ... après avoir dégagé les principes fondamentaux tirés de l'étude d'un bassin sédimentaire et d'une région plissée, on a traité chaque région de façon succincte. Ensuite, vient l'étude de la Terre "planète active", étude qui après avoir dégagé les notions classique d'érosion et de sédimentation, présente les hypothèses géologiques les plus récentes concernant les volcans, les séismes, la structure de la Terre, la tectonique des plaques [...]. Il est évident que cette partie est difficile, même si on ne demande pas à l'élève d'apprendre et de mémoriser, mais plutôt de comprendre et de prendre conscience que la Terre est en évolution permanente. »¹⁹

Vingt pages sont consacrées à l'étude du chapitre « Terre, planète active ». Le cours sur la structure de la Terre s'appuie sur la présentation en pleine page d'un sismogramme du séisme du 24 novembre 1976 de Caldiran (province de Van, Turquie) et d'un modèle des trajectoires des ondes

sismiques au sein du Globe²⁰. Une autre page expose un schéma de la superposition croûte continentale, lithosphère, asthénosphère et un modèle synthétique de la structure pétrographique de la Terre. Le cours sur la tectonique des plaques est construit en deux temps : d'abord, la présentation d'observations illustrées par deux photographies (fossile de *Glossopteris*, photographie aérienne du rift d'Assal), un profil sismique de la fosse de Java, deux croquis cartographiques de la correspondance des massifs anciens en Afrique et au Brésil, et de la disposition des bandes d'inversion magnétique au sud de l'Islande ; ensuite, l'exposé du modèle de la tectonique des plaques, schémas à l'appui (« plaques divergentes, type Océan Atlantique » ; plaques convergentes, type Océan Pacifique » : « collision de plaques continentales » au niveau de l'Himalaya)²¹.

L'ouvrage renferme un atlas avec une carte du monde de la répartition des volcans actifs, une des foyers sismiques (normaux, intermédiaires, profonds), une du relief et de l'âge des croûtes océaniques et continentales, une de la nature des sédiments des fonds océaniques, une des limites de plaques et une de l'extension des principaux orogènes²². La « tectonique globale des plaques » est présentée comme « un modèle explicatif, créé dans les années 1960 » et fournissant une réponse à la question de l'origine de la répartition des volcans et des séismes, de l'origine des roches magmatiques et des traces de glaciation observées au Sahara. Les auteurs insistent plusieurs fois sur le statut épistémologique semble-t-il particulier de ce chapitre. « Il est important que les élèves comprennent qu'il ne s'agit que d'un modèle en accord avec les lois physico-chimiques et les données mesurées et non pas d'une représentation exacte de la réalité. Comme tout modèle, il peut être perfectionné ou détruit si de nouveaux faits, en contradiction avec lui, sont découverts. »²³ Le chapitre sur l'histoire de la Terre s'achève par quatre pages magazines, qui « proposent dans un style plus libre, des élargissements, des prolonge-

¹⁹ Brun-Cottan Françoise, Marie-Paule Debrune & Maurice Debrune, 1979, *Sciences naturelles. Biologie humaine. Géologie*. 3e, Paris : Belin, *idem* Cours Debrune, p. 2 pour la citation.

²⁰ *Op. cit.*, p. 171 et 173.

²¹ *Op. cit.*, p. 174 à 177.

²² *Op. cit.*, Atlas, p. 26, 28 et 30,

²³ Françoise Brun-Cottan, Marie-Paule Debrune & Maurice Debrune, 1979, *Sciences naturelles. Biologie humaine. Géologie*. 3e, Paris : Belin, Cours Debrune, Fichier pédagogique, p. 91.

ments »²⁴ sur l'apport du modèle de la tectonique des plaques à cette reconstruction²⁵.

Dans le chapitre sur les observations à l'origine du modèle, les auteurs présentent « l'hypothèse » de Wegener de la réunion de tous les continents en une Pangée carbonifère. Ici, ils exposent en trois cartes, sur le modèle des trois planisphères de l'ouvrage de Wegener, l'évolution de la répartition mondiale des terres émergées au moment de cette Pangée, à la fin du Jurassique et à la fin du Crétacé. Ils ne réfèrent pas ces cartes, mais les accompagnent d'un texte construit, semble-t-il, à partir des apports des travaux des paléomagnéticiens et du modèle de la tectonique des plaques. Ils citent également l'astronome Harisson Schmitt, seul géologue du programme Apollo, membre de la mission Apollo 17 en décembre 1972 : « *Je vous affirme que tout homme voyant, comme je le découvre de là-haut, l'emboîtement parfait des différents morceaux du Nord-Est de l'Afrique, ne pourrait que devenir un farouche défenseur de la dérive continentale.* »²⁶ La photographie associée de la mer Rouge et du golfe d'Aden est celle, fort célèbre, prise en septembre 1966 par le vaisseau spatial Gemini 11. Ces pages sont l'occasion de relier la tectonique des plaques aux crises biologiques identifiées par les paléontologues, et de lier l'apparition et le développement de la vie aux communautés d'organismes observés au niveau des sources hydrothermales de la dorsale Pacifique.

Les auteurs du manuel scolaire de la maison d'édition **Hachette** se félicitent de l'introduction de ce chapitre sur « *la Terre, planète active* » qui vient couronner l'étude du dynamisme terrestre. « *Il nous paraissait bien venu en effet d'en terminer, pour ce qui est de la géologie, avec la théorie globale. Il était impossible de mettre en place et de faire comprendre tous les éléments pris en compte pour*

parvenir à cette théorie, mais nous ressentions comme essentiel de faire percevoir comment cette théorie (une théorie en général) prend en compte le plus grand nombre possible de données connues, pour anticiper sur celles qui ne le sont pas. »²⁷ Paradoxalement, la théorie de la tectonique des plaques n'est pas, à l'origine, un modèle du genre. Citant John Dewey, les auteurs construisent ce chapitre en introduisant « *la notion d'expansion des fonds océaniques et l'idée de mouvements possibles des continents* »²⁸. Ils s'appuient sur l'étude de photographies et graphiques évoquant les tremblements de terre et la surrection des montagnes, puis de tableaux et schémas expliquant la construction d'un modèle sismique de la structure du Globe, avant de reprendre quelques planisphères établies à partir de l'ouvrage de Wegener : emplacement des continents à la fin de l'ère primaire, âge des roches affleurant en Afrique et en Amérique du Sud, position de l'équateur au Carbonifère et du pôle Nord au Jurassique. L'ouvrage renferme une reproduction de la carte du fond des océans, une carte de l'âge du fond de l'océan Atlantique, établie à partir des observations de l'expédition FAMOUS, un planisphère de la répartition des séismes selon leur profondeur et un autre délimitant les 12 plaques selon la proposition de Le Pichon. Deux blocs-diagrammes expliquent l'expansion au niveau d'une dorsale et la subduction entre une plaque océanique et une plaque continentale. À l'issue de ce cours, un exercice demande d'expliquer la disposition de l'aimantation normale ou inverse des basaltes en bandes parallèles à l'axe de la dorsale Pacifique. Les documents fondamentaux d'un enseignement secondaire de la tectonique des plaques sont posés et les auteurs engagent les enseignants à compléter leurs connaissances sur cette théorie par la lecture d'ouvrages récents de géologie, d'articles des magazines *La Recherche*, *Pour la Science*, de

²⁴ *Op. cit.*, Préface aux auteurs, p. 2.

²⁵ *Op. cit.*, p. 184 à 187.

²⁶ *Op. cit.*, p. 185.

²⁷ Robert Larue, Jeanne Hatem, Jean Gelé & Michelle Maisonhaute, 1980, *Sciences naturelles. Biologie / Géologie, classe de troisième. Livre d'accompagnement pour les professeurs*, Paris : Hachette, p. 75.

²⁸ *Ibid.* p. 87. Citation de John Dewey, 1979, La tectonique des plaques, In. *La dérive des continents et la tectonique des plaques*, Paris : Belin, Bibliothèque « Pour la Science », p. 32. : « Les

géologues savent depuis longtemps que les montagnes, les volcans et les tremblements de terre ne sont pas distribués au hasard à la surface de la Terre, qu'ils sont au contraire concentrés dans des zones bien définies et relativement étroites... Depuis quinze ans, la théorie de la dérive des continents, s'est imposée grâce au concept d'expansion des fonds océaniques... Le concept de l'expansion des fonds océaniques et l'hypothèse, antérieure, de la dérive des continents, forment désormais un seul ensemble homogène, appelé la tectonique des plaques ».

brochures des centres régionaux de documentation pédagogique (CRDP) et du Centre national (CNDP), mais aussi du *Courrier de l'UNESCO*, de la *Revue du Palais de la Découverte* et des *Bulletins de l'Association des Professeurs de Biologie et Géologie (APBG)*²⁹.

Les auteurs de l'ouvrage de chez **Hatier** consacrent un chapitre aux changements à la surface de la Terre à l'échelle humaine (érosion, tremblements de terre, volcanisme) et concluent par un chapitre sur l'histoire des continents et des océans³⁰. À l'histoire des principales roches et des orogènes ayant marqué la France métropole s'ajoutent là aussi une carte bathymétrique et une carte de l'âge du fond de l'océan Atlantique, un planisphère avec les limites de 6 grandes plaques, trois planisphères de la répartition des masses continentales depuis 200 MA, la photographie de Schmitt du Golfe d'Aden et trois coupes pour illustrer l'expansion des océans. La théorie des plaques et l'expansion des océans ne font qu'un.

Les éditions **Bordas** regroupent dans le chapitre « *La terre, planète active* » l'étude du volcanisme, l'érosion et la sédimentation, les tremblements de terre, l'observation du fond des océans et son interprétation par l'expansion océanique et la dérive des continents³¹. Les auteurs rappellent que Wegener, « *il y a près d'un siècle* », avait déjà interprété la complémentarité des limites actuelles des continents comme l'expression d'une dérive, mais que « *ce n'est que tout récemment (avec les progrès de la géophysique et de l'océanographie)* » qu'on a pu donner une explication satisfaisante de cette dérive³². L'histoire de la Terre est l'objet du dernier chapitre de l'ouvrage. Elle s'appuie sur cinq planisphères représentant les masses continentales depuis 600 millions d'années. L'évolution de la vie et le

découpage des temps géologiques sont alors placés dans ce contexte global.

L'équipe de Jacques Escalier chez **Nathan**, après avoir traité des séismes dans un chapitre « *La Terre planète active* » expose la théorie des plaques dans un chapitre sur les « *Grands traits de l'histoire de la Terre* »³³. L'hypothèse de Wegener y est exposée et présentée comme « *confirmée* », 35 ans plus tard³⁴. L'exposé de la théorie de la tectonique des plaques cite deux auteurs : « *En 1961, l'Américain Hess propose une nouvelle théorie : il y a expansion des fonds océaniques... En 1968 Xavier Le Pichon a remarqué qu'à la surface du globe il est possible de distinguer des zones stables et des zones constamment animées de séismes. Il détermine ainsi à la surface du globe 8 grandes plaques rigides constituées de lithosphère.* »³⁵ Le modèle de la tectonique est présenté comme l'aboutissement, la synthèse de 40 ans d'observations et d'hypothèses.

Daniel Breton, Michelle Dupont et Pierre Freytet, auteurs chez **Technique & Vulgarisation**, indiquent dès leur avant-propos que leur ouvrage a fait « *une large place aux modèles explicatifs* » (modèle moléculaire, modèle immunologique), mais ils ne consacrent que deux pages à l'exposé de la dérive des continents et à « *une théorie actuelle : la tectonique des plaques* »³⁶.

Le groupe Biogéol des éditions **Magnard** est encore plus discret sur cette présentation. Il se limite à intégrer l'hypothèse de Wegener et le modèle de l'expansion océanique à un chapitre de deux pages intitulé : « *Les continents bougent* »³⁷. Un schéma explique l'expansion au niveau des dorsales. Un autre se limite à la répartition des séismes profonds et superficiels sous le Japon.

²⁹ Renvois dans le texte et bibliographie en fin du *Livre d'accompagnement pour les professeurs* (p. 96).

³⁰ Jacques Bergeron, Gabriel Gohau, Jean-Claude Hervé, Jean-Paul Lemaître, Jacques Monier, 1980, *Eveil à la vie. Biologie humaine. Géologie*. 3^e, Paris : Hatier.

³¹ Charles Désiré, Raymond Tavernier & al., 1980, *Biologie-Géologie* 3^e, Paris : Bordas, Coll. C. Désiré & R. Tavernier.

³² *Ibid.*, p. 174.

³³ Jacques Escalier & al., 1980, *Biologie humaine. Géologie*. 3^e,

Paris : Nathan, Coll. L'homme et la nature.

³⁴ *Ibid.*, p. 154.

³⁵ *Ibid.*, p. 156.

³⁶ Daniel Breton, Michelle Dupont, Pierre Freytet, 1980, *Sciences naturelles*, 3^e, Paris : Techniques & Vulgarisation. Citations, p. 3 et p. 157.

³⁷ *Ibid.*, p. 162-163.

Terminons cette revue par l'ouvrage publié chez **SCODEL** sous la direction de Josette Ferguson, inspecteur pédagogique régional de Paris³⁸. Le chapitre « *La Terre, planète active* » associe là aussi études continentales et océaniques. Aux planisphères de répartition des volcans et des séismes s'ajoutent un extrait pleine page de la carte du fond des océans, des cartes, des schémas et des croquis décrivant ou expliquant la formation d'un rift, l'océanisation, l'expansion du fond des océans, la subduction et le volcanisme associé, la structure du Globe terrestre, la découpe en plaques mobiles, la localisation des montagnes et le lien entre tectonique des plaques et orogénèse. Le dernier chapitre « *L'histoire de la Terre* » replace l'histoire paléontologique dans un contexte de déplacement des continents.

Quelles que soient les orientations et l'ampleur du traitement, le modèle de la tectonique des plaques est présenté comme une interprétation de l'activité interne du Globe, support de l'histoire des roches et de l'évolution de la vie. La dérive des continents exposée par Wegener en constitue l'origine avec un statut d'hypothèse confirmée par la suite par des observations géophysiques et l'exploration du fond des océans. L'hypothèse de l'expansion océanique de Harry Hammon Hess (*Sea Floor Spreading*) publiée en 1962 est souvent confondue ou assimilée avec le modèle de tectonique des plaques des articles de 1968. Dans le cadre de la démarche pédagogique de l'enseignement des sciences naturelles, le modèle est présenté après les observations. S'agissant de l'étude de phénomènes, les observations s'appuient essentiellement sur des photographies (volcanisme, tremblements de terre, érosion, sédimentation), des cartes de répartition (volcans, séismes, roches, âges), une carte du relief des océans, mais aussi sur quelques tableaux (vitesse de transmission des ondes sismiques) et schémas (profondeurs des séismes au niveau d'une fosse océanique, disposition des anomalies magnétiques de part et d'autre d'une dorsale). L'interprétation des observations et l'explication de l'expansion océanique et de la subduction s'appuient sur des

schémas ou des blocs 3-D en couleurs. Deux ouvrages montrent une photographie de lave en coussin et un submersible d'exploration océanique ; un ouvrage représente un modèle de convection dans un pot de cafetière. Le modèle de la tectonique des plaques est exposé comme une interprétation de l'activité observée du Globe avec parfois un statut d'hypothèse et souvent de théorie.

L'enseignement de géologie de la classe de troisième, s'il ouvre vers le modèle de la tectonique des plaques, repose encore fondamentalement sur l'étude de la géologie régionale à partir d'observations et de matériels locaux. Du passé, il ne fait pas table rase.

1982 : la tectonique des plaques en classe de première scientifique

La réforme du collège et l'arrivée massive d'élèves en classe de seconde à la rentrée de 1981 sont suivies l'année d'après d'une réorganisation des sections du second cycle accompagnée de légères modifications des programmes. La classe de seconde indifférenciée est commune à toutes les filières du second cycle de l'enseignement général. Les classes de premières C et D sont fusionnées en une classe de première scientifique. L'enseignement des sciences naturelles se répartit de la classe de seconde à la classe de terminale par niveau d'organisation du vivant : l'écosystème, les organismes puis enfin la cellule, voire la molécule. Les études descriptives doivent être réduites pour laisser plus de temps « *à la compréhension des faits ou des phénomènes* »³⁹. La classe de seconde est une classe de détermination. L'enseignement des sciences naturelles, qui en était absent depuis la réforme de 1965, doit viser d'abord l'acquisition de savoir-faire généraux (les méthodes du naturaliste), et limiter ses ambitions de contenus à une étude des relations entre les êtres vivants et leur milieu. L'écologie entre dans les programmes.

L'étude de l'évolution des êtres vivants persiste en classe de terminale D et est introduite en première littéraire (section A). Son traitement en

³⁸ Josette Ferguson, Jean-Paul Rampnoux & al., 1980, *Physiologie humaine. Géologie*. 3^e, Paris : SCODEL.

³⁹B O n°45, 10 décembre 1981, p. 3867.

terminale s'appuie désormais sur la biologie plus que sur la géologie : « *c'est le rapprochement de données empruntées à plusieurs disciplines (anatomie comparée, embryologie, paléontologie, biochimie, génétique, immunologie) qui permettra de fonder l'idée d'évolution.* »⁴⁰

Le programme de sciences naturelles de la classe de première scientifique consacre un tiers du temps d'études à un enseignement de géologie réparti en deux thèmes : « *la constitution du globe terrestre* » et « *les ressources naturelles* »⁴¹.

Comme en classe de troisième, et dans la continuité des orientations de l'ex-première D, ce programme s'appuie d'abord sur des études régionales et introduit ensuite la tectonique des plaques comme interprétation du volcanisme, des tremblements de terre et des orogénèses. Il doit toutefois s'en différencier par « *l'accent mis sur le caractère historique des sciences géologiques et leur aptitude à mener aux abstractions ainsi qu'à développer l'esprit de synthèse* »⁴². Le caractère abstrait et synthétique, déjà mis en avant en classe de troisième, est réaffirmé. Les intentions des instructions officielles, autant que la nature même des connaissances géologiques mises en jeu, vont probablement contribuer à la construction d'une représentation de la tectonique des plaques comme un savoir en rupture avec les savoirs géologiques plus anciens. « *Les sciences de la Terre ont subi au cours des dix dernières années une mutation radicale, et l'on ne peut plus se contenter de classer sans idée préconçue. La méthode moderne applique les principes des sciences expérimentales : à partir d'observations de terrain, des hypothèses sont élaborées puis éprouvées par des mesures, des calculs, des expériences. L'objectif est de comprendre le modèle structural et dynamique de notre planète, pour traduire en un schéma cohérent les données du monde géologique.* »⁴³

L'étude de la diversité des roches sédimentaires doit être limitée à quelques exemples : il ne s'agit pas d'en connaître un grand

nombre, mais d'en connaître un nombre suffisant pour aborder l'étude de la diversité des milieux de genèse. La description doit être au service de la compréhension des processus, tout comme l'anatomie doit être au service de la physiologie. L'étude des roches métamorphiques et magmatiques doit conduire à la mise en évidence d'une dépendance de l'histoire de ces roches à des variations de pressions et de températures. Ainsi, au terme de ce chapitre, il doit être possible de se poser des questions au sujet des causes internes à l'origine de ces variations. L'étude du volcanisme et des tremblements de terre doit nourrir l'idée d'une Terre « *planète active* » déjà abordée en classe de troisième et conduire à une représentation de la structure physique du Globe. Enfin, « *l'étude de l'évolution des fonds océaniques, rendue concrète par les mesures d'écartement des continents, la découverte des dorsales océaniques, la nature, le magnétisme et la datation des fonds marins, amènera à rechercher sous la lithosphère l'origine et la direction des forces en jeu, à comprendre la vitesse de développement de leurs manifestations. C'est à ce moment que les intuitions de Wegener, déjà étayées par des arguments géographiques, stratigraphiques et paléontologiques, pourront être complétées et reconstruites en l'actuelle théorie de la tectonique des plaques. Le moment est alors venu d'unir en un ensemble cohérent la genèse des roches métamorphiques, des roches magmatiques et la formation des chaînes de montagne.* »⁴⁴. L'enseignement proposé s'appuie toujours sur une démarche de redécouverte. Le modèle de la tectonique des plaques est à reconstruire à partir d'observations préalables. L'enseignement des ressources naturelles en deuxième partie des programmes s'inscrit dans la continuité des études d'environnement de la classe de seconde. La radicalité annoncée est rapidement normalisée par les instructions officielles. L'enseignement du modèle de la tectonique des plaques doit s'inscrire dans la continuité des objectifs et pratiques de l'enseignement scolaire de la géologie. Tout comme en classe de troisième, l'introduction ne supprime

⁴⁰ Modifications aux programmes des classes de premières et terminales, B O spécial n°3, 22 avril 1982, p. 75-96.

⁴¹ *Ibid.* Cf. annexe 6.

⁴² B O n° spécial 3, 22 avril 1982, p. 84.

⁴³ J. Gourlaouen & al., 1982, Sciences naturelles, 1re scientifique, Paris : Hachette, Coll. J. Gourlaouen, avant-propos, p. 3.

⁴⁴ B O n° spécial 3, 22 avril 1982, p. 86.

pas les contenus et méthodes plus anciens.

L'étude des ouvrages scolaires nous permet, là encore, de préciser la mise en œuvre de ces nouveaux programmes. Avant d'examiner les contenus, signalons une évolution de la forme vers une augmentation de la quantité et de la taille des documents. L'iconographie n'est pas conçue comme une simple illustration du texte, mais comme le support d'observations et d'activités en classe. L'image de paysages ou d'objets géologiques lointains doit être suffisamment grande pour se substituer à la réalité. Il n'est pas rare de trouver des images pleine page. La part du texte se réduit au profit des documents (cartes, graphiques, schémas). Les exercices en cours et en fin de chapitre sont là pour conduire la réflexion et le questionnement autant que pour tester les connaissances acquises. Les ouvrages scolaires se revendiquent comme support des études collectives et individuelles, en classe et à la maison. Ils ne sont plus les dépositaires d'un cours qu'il fallait apprendre, concurrent de l'enseignant et obstacle à l'évolution pédagogique, mais des auxiliaires mettant à disposition des classes des documents encore difficiles à se procurer par ailleurs. Les manuels présentent souvent des documents semblables, mais selon des combinaisons variables. L'étude des séismes, par exemple, s'appuie classiquement sur une série de documents présentant un sismographe et son principe, un sismogramme, des cartes d'isoséistes, la construction et l'interprétation des hodochrones, la localisation d'un épocentre, la loi qui lie l'angle d'incidence et l'angle de réfraction, une coupe du Globe localisant la zone d'ombre et au final un schéma de la structure du Globe terrestre déduite de l'existence des discontinuités et variations de vitesse des ondes P et S.

L'ouvrage pour la classe de première scientifique de chez **Bordas**⁴⁵ expose en une page de texte l'évolution des idées depuis les arguments de Wegener à l'appui de son modèle de mobilité des continents, jusqu'aux apports historiques des études paléomagnétiques des années 1950. La

reconstitution de Bullar (*Bullar Fit*) est présentée comme preuve formelle de l'assemblage d'origine des continents en une Pangée. Dépassant alors le récit de la construction du modèle de la tectonique des plaques au cours des années 1960, les auteurs de chez Bordas s'appuient sur les résultats des explorations océaniques et des forages des années 1970 pour présenter la topographie du fond des océans et l'interpréter ensuite par l'étude des anomalies magnétiques. La répartition des séismes et le fonctionnement des dorsales et des zones de subduction sont alors exposés, schémas à l'appui. La théorie de la tectonique des plaques est enfin exposée comme modèle explicatif et synthétique et cadre de la reconstitution de l'histoire des chaînes de montagnes et de l'évolution des continents depuis 600 MA. Un grand nombre des documents figuraient déjà dans l'ouvrage de la classe de troisième du même éditeur.

L'ouvrage des éditions **Nathan**⁴⁶ ne consacre qu'un seul chapitre de 12 pages à la formation des chaînes de montagnes, l'évolution des fonds océaniques et la tectonique des plaques. Des Pyrénées on passe à la cordillère des Andes, puis aux Alpes et au Jura. L'expansion des fonds océaniques s'appuie sur l'étude préalable des cartes de l'assemblage des continents et de l'âge de la croûte océanique dans l'océan Atlantique. Le modèle de la tectonique des plaques est exposé en moins d'une page avec deux schémas des types de limites de plaques et de la convection mantellique associée.

Chez **Hachette**, les auteurs ont choisi de réunir en un seul chapitre de 10 pages l'expansion des fonds océaniques et la formation des chaînes de montagnes. La dimension historique du modèle n'est pas présentée : les arguments bathymétriques, stratigraphiques, paléontologiques et géophysiques s'enchaînent pour construire un modèle d'expansion. Ce traitement limité du sujet peut conduire à s'interroger sur la véritable signification des réserves épistémologiques des auteurs quand ils écrivent dans leur bilan du chapitre : « *La tectonique des plaques donne une idée satis-*

⁴⁵Raymond Tavernier & al., 1982, *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Bordas, Coll. Tavernier.

⁴⁶Jacques Escalier & al., 1982, *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Nathan, Coll. Jacques Escalier.

faisante des manifestations de l'activité du Globe [...] Ce modèle d'une simplicité extraordinaire [...]. Cependant, il faut se garder d'une simplification excessive et garder – en toutes circonstances – l'esprit critique, vrai moteur du progrès de nos connaissances.s »⁴⁷

Les auteurs du manuel de chez **Hatier** s'appuient résolument sur une démarche historique. « Pour présenter la conception actuelle, fondamentalement mobiliste du globe, traduite par la théorie des plaques, nous allons suivre la méthode historique, en nous attachant particulièrement aux découvertes de ces trente dernières années, qui ont véritablement révolutionné la pensée géologique. »⁴⁸ Le chapitre 16 « Du fixisme au mobilisme » expose ainsi en 15 pages, la théorie de la dérive des continents de Wegener, puis l'aimantation rémanente des roches et l'historique de la construction de l'échelle chronologique des inversions du champ magnétique terrestre de Cox, les hypothèses opposées de la « courbe d'errance » ou de dérive du pôle (*Polar wandering*) et de la dérive des continents, l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques de Hess, l'hypothèse de Vine et Matthews, la datation des fonds océaniques de l'Atlantique sud par Heirzler. Pour chacune de ces hypothèses ou controverses, les idées sont présentées sous forme d'exercices de réflexion avant d'être reprises dans un texte de synthèse. Le modèle de la tectonique des plaques est alors exposé en deux chapitres supplémentaires : « *La théorie des plaques lithosphériques* » (11 pages) et « *La tectonique des plaques : modèle unificateur* » (23 pages). Le concept de plaque est discuté, puis est présenté celui de faille transformante de Wilson et l'apport des travaux de Isacks, Oliver et Sykes (1968). L'hypothèse de Hess est reprise et complétée par l'interprétation du plan de Benioff [Wadachi-Benioff]. Les apports du programme JOIDES (Joint Oceanographic Institution for Deep Earth Sampling) et les explorations des submersibles CYANA et ALVIN au cours des années 1970 figurent comme « *vérifications de la*

théorie des plaques ».

L'étude de l'orogénèse et du magmatisme sont intégrées à celle de la dynamique des plaques. Le cours interprète le rift Est-Africain, la mer Rouge, les Andes, l'Himalaya, les ophiolites, il revient sur la répartition géographique du volcanisme et s'achève par une réflexion sur le rôle d'un modèle en sciences. « *La tectonique des plaques [...] est une théorie unificatrice. Mais ce n'est qu'une théorie..., susceptible de révisions plus ou moins importantes en fonction des découvertes à venir* »⁴⁹. « *Les géologues, imprégnés de la conception mobiliste de la tectonique des plaques, abordent d'un œil nouveau les problèmes géologiques [...], nous sommes à l'aube d'une époque ou des données nouvelles vont apparaître... peut-être susceptibles de modifier la théorie à l'honneur aujourd'hui. Il faut bien se rendre compte que de nombreux points obscurs persistent, ne serait-ce que sur les courants de convection du manteau supposés être le moteur des plaques, ou même sur les conditions exactes de genèse des magmas* ».

On ne peut pas dire que l'adhésion à ce modèle soit totale. Les précautions oratoires sont étonnamment fréquentes dans ces manuels scolaires pour ne pas y voir, sinon une méfiance alimentée par une faible adhésion de quelques géologues français d'influence ou par le souvenir de cours universitaires construits dans un tout autre cadre, au moins une difficulté à enseigner un modèle scientifique en construction, là où on s'était habitué à transmettre une théorie assise sur des années de validation dans le monde universitaire. L'accélération du transfert des connaissances de la science qui se fait à la science qui s'enseigne met à mal bien des certitudes scientifiques sur lesquelles l'enseignant du secondaire était habitué à se reposer jusqu'aux années 1970. Ce paramètre est peut-être sous-estimé lorsque l'on évoque la déstabilisation du statut du professeur « expert de sa discipline » à la fin du XX^e siècle. Quoiqu'il en soit on peut s'interroger sur la dimension subite de l'adhésion des enseignants (à travers l'exemple certes réducteur des enseignants auteurs de

⁴⁷J. Gourlaouen & al., 1982, *Sciences naturelles, 1^{re} scientifique*, Paris : Hachette, Coll. J. Gourlaouen, p. 301.

⁴⁸Jean-Claude Hervé, Michelle Maisonhaute, Elisabeth Marolle,

Monique Masset, 1982, *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Hatier, p. 216.

⁴⁹*Ibid.*, p. 266.

manuels) à cette nouvelle théorie, condition kuhnienne pour parler de révolution.

1988 : de l'enseignement de la géologie à celui du modèle de la tectonique des plaques

Les programmes de sciences naturelles de la classe de seconde indifférenciée sont modifiés à la rentrée de 1987, avec l'ajout au programme d'écologie d'une étude de la formation et de l'exploitation de ressources géologiques, en 8 à 10 semaines. Cette dimension appliquée de la géologie offre la possibilité d'études locales en continuité avec les pratiques classiques. Les instructions précisent :

- la fossilisation de l'énergie solaire : origine, gisement et exploitation d'une roche carbonée ;
- la formation et les conditions d'exploitation d'un gisement salin ou d'un minerai sédimentaire ; limite d'exploitabilité ;
- les ressources en eau.

Les programmes de sciences naturelles des classes de quatrième et de troisième sont modifiés respectivement aux rentrées de 1988 et de 1989. L'enseignement de la géologie disparaît de la classe de troisième. En quatrième, l'étude des continents, des océans, de la structure du Globe et de la tectonique globale est associée à celle plus classique du volcanisme et des tremblements de terre, à l'étude des roches sédimentaires, magmatiques et métamorphiques, à la présentation des grands traits de l'histoire de la Terre à l'étude d'une ressource géologique et à la détection et la prévention des risques naturels⁵⁰. Les concepts de la tectonique des plaques viennent s'ajouter à la liste déjà longue des concepts géologiques enseignés traditionnellement au collège. L'introduction se fait dans la continuité des objectifs et des méthodes. « *L'enseignement de la Géologie assure autant une connaissance régionale, une compréhension de l'environnement, un affinement du sens des responsabilités qu'une perception à un premier niveau, de la dynamique et de l'histoire de la Terre, dans une vision moderne de l'évolution de la science.* » Il s'agit d'abord de s'initier

méthodologiquement à une démarche où l'observation conduit à la formulation de problèmes auxquels on tente ensuite de répondre par d'autres observations. Ces études « *essentiellement fondées sur des travaux pratiques sur le terrain et au laboratoire* » doivent permettre « *une approche concrète immédiate avec les roches et initieront au maniement de quelques outils du géologue* ». La théorie de la tectonique globale doit être présentée comme une explication à l'origine et à l'évolution des roches, une interprétation du volcanisme, des tremblements de terre et des orogènes. La mobilité permanente de la lithosphère doit apparaître progressivement comme « *un système cohérent capable d'expliquer la genèse et la mise en place des roches sur les continents et sous les océans* ». Le modèle de la tectonique globale devient le cadre explicatif sous-jacent des études géologiques classiques. Au terme de l'année, l'élève devra être capable de faire parler des objets géologiques et de les replacer au sein de l'histoire de la Terre. Le local doit permettre d'étudier le global. L'étude systématique des manuels scolaires associés à ce programme montre une intégration des enseignements antérieurs à 1980 dans un cadre explicatif relié au modèle. Les auteurs s'appuient désormais sur une grande quantité de cartes, diagrammes et schémas interprétatifs où l'on reconnaît tous les documents associés à la construction historique du modèle de l'expansion océanique et du modèle des plaques lithosphériques. L'hypothèse de Wegener est présentée comme à l'origine du modèle et nombre d'auteurs de manuels le présentent comme le « *père* » de la tectonique des plaques au motif que ses reconstitutions paléogéographiques ne sont guère éloignées des reconstitutions actuelles : la structure des plaques et la dynamique mantellique passent au second plan.

Les tables des matières des manuels scolaires de quatrième montrent une légère hétérogénéité dans les découpages et regroupements, des développements et des choix variables d'exemples, mais sur le fond les propositions de mise en œuvre de ces nouveaux programmes restent très proches. Le modèle de la tectonique des plaques est exposé

⁵⁰ Programmes de Sciences et techniques biologiques et géologiques de la classe de quatrième, Supplément au *BO* n°25,

30 juin 1988, p. 131-137. Cf. annexe 7.

comme modèle explicatif de la répartition du volcanisme et des tremblements de terre et cadre théorique pour penser une histoire de la vie en lien avec des changements paléogéographiques à l'échelle du Globe. L'enseignement de la géologie en classe de quatrième cherche encore à concilier le paradigme de la tectonique des plaques avec une approche thématique, pratique et pédagogique dans la continuité des années 1970. Si le modèle n'est pas l'objet de l'enseignement, il est désormais présent en arrière-plan. Le choix pédagogique de construire l'enseignement des sciences naturelles dans les classes de collèges en s'appuyant autant que faire se peut sur des observations concrètes et pratiques, sur une progression allant du cas particulier vers la synthèse et le modèle explique ce positionnement. Il ne s'agit pas d'exposer un modèle théorique puis de le tester ou de l'illustrer par des observations, mais de donner du sens à celles-ci en suivant une démarche de redécouverte. Globalement les programmes de géologie des classes de quatrième n'ont guère changé depuis les années 1980. Le modèle de la tectonique des plaques, introduit au collège en 1980, n'a cessé depuis de s'y développer en s'affichant de plus en plus clairement comme le cadre paradigmatique de la géologie.

À la rentrée 1988, les programmes de première S sont également modifiés. L'énergie est le fil conducteur de cet enseignement. La biologie occupe 2/3 du temps. Elle porte sur les transformations de la matière et le flux d'énergie chez les êtres vivants. La géologie est entièrement consacrée à la dynamique du Globe terrestre⁵¹. C'est une refonte totale du programme antérieur pour prendre en compte l'évolution des connaissances scientifiques de ces dernières années. Cet enseignement doit, selon les instructions officielles, valoriser le va-et-vient entre le réel complexe, les faits d'observation et d'expérience d'une part, les modèles explicatifs d'autre part. Les études proposées se situent d'emblée à l'échelle mondiale et reposent autant sur les apports de la géologie que sur ceux de la

géophysique. La priorité doit toutefois toujours être accordée aux faits et l'enseignement doit montrer « *comment un même ensemble de faits peut suggérer plusieurs modèles, comment le pouvoir explicatif de la théorie en vigueur engendre la découverte de nouveaux faits dont l'accrétion au modèle peut conduire à son abandon, à l'élaboration de nouveaux modèles et au perfectionnement de la théorie* ». « *On attirera l'attention sur le fait que les schémas les plus modernes, coupes du globe, profils thermiques... sont des modèles et non pas des comptes rendus d'observations encore inaccessibles aux techniques actuelles.* »⁵² Le statut épistémologique des documents utilisés fait l'objet une fois encore d'avertissements, mais la méthode d'enseignement demeure classique : le document est pris comme une observation destinée à identifier un problème, à élaborer ou à tester une hypothèse. Aux observations de matériels il convient d'ajouter celles de documents issus de mesures géophysiques et l'usage de l'informatique pour la consultation de bases de données sur les séismes et les volcans ou l'exécution de coupes et de blocs-diagrammes ou de simulations.

Les apports de la géologie régionale sont difficilement intégrables, mais les instructions précisent que les sorties de terrain ne doivent pas pour autant être négligées ! Les études pétrographiques sont à réduire au minimum indispensable à la compréhension de la dynamique du Globe, ce qui limite drastiquement les activités pratiques avec des objets concrets. Les contenus à enseigner sont précisément décrits. L'étude, par exemple, de la « *formation des océans* » précise : « *Les images satellitaires du rift continental africain et de la mer Rouge fourniront des informations permettant d'imaginer la formation d'un océan à partir d'un rift, en une dizaine de millions d'années. Les arguments suggérant effondrement et distension seront rassemblés. Des coupes du fond de la mer Rouge montreront les différentes étapes de sa formation depuis les effondrements initiaux jusqu'aux premiers alignements de points d'émission du magma. L'hypothèse peut alors être*

⁵¹ Programmes de Biologie-Géologie des classes de première A, B, S, Supplément au B O n°21, 2 juin 1988, pp. 19-54. Cf. annexe 8.

⁵² Ibid. p. 13.

émise d'une fracturation initiale due soit à une traction latérale, soit à une fragilisation de la croûte continentale suite à une ascendance thermique, soit à la conjonction des deux. » L'enseignement de la géologie en classe de première scientifique est devenu un enseignement du modèle de la tectonique des plaques. Si les contenus généraux renvoient aux mêmes thématiques que celles de la classe de quatrième, la structuration et la démarche s'appuient clairement sur l'enseignement du modèle.

L'étude des manuels publiés à la rentrée 1988 montre une très grande homogénéité des tables des matières, mais un traitement plus ou moins volumineux des différents chapitres, avec un modèle d'exposé appuyé parfois sur de très nombreux documents de type universitaire. Le manuel Istra des éditions **Casteilla**, dirigé par les inspecteurs généraux Gabriel Godet et Bernard Kern, divise ainsi chaque page en deux colonnes distinguant un texte scientifique dense et une succession de graphiques, schémas, photographies semblables à ceux d'un manuel universitaire⁵³. Le texte comporte sous le titre « *exercices pratiques* » des questions d'analyse des documents associés. Le manuel de la collection Jacques Escalier chez **Nathan** est en revanche de facture beaucoup plus classique avec de grands schémas simplifiés et beaucoup moins de graphiques, dans la continuité des manuels antérieurs⁵⁴.

Depuis 1982, l'enseignement de la géologie en classe de première scientifique est indissociable du modèle de la tectonique des plaques.

La réforme des programmes se traduit aussi par quelques modifications en classe de terminale à la rentrée 1989⁵⁵. En terminale D, le programme est découpé en 4 parties inégales : Biologie cellulaire et moléculaire, Physiologie de l'organisme humain, Reproduction et hérédité, Aspects biologiques et géologiques de l'évolution. Cette dernière partie comporte un chapitre intitulé « *Facteurs géologiques de l'évolution* » exposant

l'évolution de l'atmosphère et la mobilité de la lithosphère au cours des temps géologiques. Le modèle de la tectonique des plaques est sous-jacent dans l'évocation des effets sur l'évolution des espèces d'une fragmentation de la Pangée ou de la réunion de deux masses continentales (réunion de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud au Pliocène). L'étude des fossiles, et notamment des fossiles témoignant de « *la sortie des eaux chez les Vertébrés* » fait également l'objet d'une étude dans le chapitre sur l'évolution à l'échelle des organismes, mais c'était déjà le cas depuis la création de la terminale D.

Les années 1980 : une révolution dans l'enseignement des sciences de la Terre ?

L'enseignement de la géologie en collèges et lycées a clairement intégré le modèle de la tectonique des plaques dans les années 1980. Les modifications rapides et majeures des programmes en rupture avec une tradition ne fait pas de doute. On assiste bien dans les années 1980 à l'introduction de nouveaux contenus et à la réduction sinon l'abandon de contenus plus anciens. La structure et la dynamique du Globe s'imposent face à la description des roches et fossiles et à la reconstitution d'une histoire de la géologie de la France. L'étude de ces objets n'est plus une finalité en soi. Elle doit être désormais au service de la compréhension de la Terre, « *planète active* ». La mise en œuvre de ces nouveaux programmes va entraîner, non sans réticences parfois, de nouvelles activités où les objets roches et fossiles sont peu à peu complétés voire remplacés par des documents papiers, des images ou des films. Si l'importance du maintien des observations d'objets mais aussi des sorties sur le terrain est affirmée par les instructions officielles, elles apparaissent parfois en décalage quand il s'agit de relier le local au global. Au problème d'échelle s'ajoute un problème de démarche quand les observations de terrain ne peuvent pas être directement reliées au modèle de la tectonique des plaques. Les documents de type tableaux de données et graphiques, de type

⁵³Gabriel Godet & Bernard Ken (dir.), 1988, *La vie et la Terre, Biologie/Géologie, 1^{re} S*, Paris : Istra, éditions Casteilla

⁵⁴Jacques Escalier & al., 1988, *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris :

Nathan, Coll. Jacques Escalier.

⁵⁵Programmes de Biologie-Géologie des classes de terminale, B O n°21, 2 juin 1988.

schémas explicatifs et modèles, de type cartes issues du traitement de données, les modèles analogiques, s'imposent plus souvent que les échantillons de roches ou de fossiles. Ces changements de programmes sont de nature à induire des changements d'activités, des changements de démarche, voire une évolution de l'épistémologie scolaire vers plus d'abstractions, plus de modélisations. Le statut du fait et de la donnée en milieu scolaire s'en trouve questionné. Les confusions entre observations visuelles et interprétations de données obtenues par instrumentation physique peuvent devenir courantes. L'accroissement des données quantitatives, l'augmentation des aspects quantitatifs par rapport aux aspects qualitatifs, en renforçant le poids des outils mathématiques de traitement peuvent renforcer les difficultés d'appropriation des phénomènes et mécanismes. Les travaux dirigés peuvent s'imposer aux dépens des travaux pratiques.

La modification brutale de ces programmes ne fut pas non plus sans conséquence sur la maîtrise par les enseignants des savoirs scientifiques à enseigner. L'introduction du modèle de la tectonique des plaques dans les programmes d'enseignement un peu plus de dix ans seulement après les textes scientifiques fondateurs prenait au dépourvu les enseignants dont le cursus universitaire était bien plus ancien. Les jeunes recrutés des années 1980 étaient souvent perçus par leurs collègues plus anciens comme les heureux initiés à cette science nouvelle. Peu d'universités ont d'emblée enseigné ce modèle et les sources et ressources pour

l'autoformation des enseignants étaient encore fort réduites dans les années 1980⁵⁶. En dehors des publications scientifiques peu accessibles, ne serait-ce que matériellement, l'enseignant de sciences naturelles ne disposait guère d'ouvrages de vulgarisation scientifique à même de lui apporter les informations nécessaires à une prise de distance personnelle avec les savoirs nouveaux à enseigner⁵⁷. Le sentiment de perte de la maîtrise des savoirs scientifiques à enseigner était de nature à déstabiliser plus d'un enseignant. La figure de l'enseignant « spécialiste de sa discipline » était sérieusement égratignée. Cette perte de confiance en sa propre maîtrise des savoirs était de nature à renforcer la dépendance de l'enseignant vis-à-vis des commentaires accompagnant les programmes et vis-à-vis des propositions des manuels scolaires sur la mise en œuvre de ces programmes. Cette perte de confiance a pu également renforcer la prise de distance vis-à-vis de la géologie de nombre d'enseignants qui s'identifiaient déjà comme biologistes avant tout. Le renouveau des contenus de la géologie et notamment l'introduction d'une vision dynamique et globale a aussi, inversement, conduit certains à s'intéresser de plus près à une discipline jugée parfois comme une science « des tiroirs d'échantillons ». Quoiqu'il en soit, cette introduction d'un enseignement de la tectonique des plaques a modifié à la fois le statut de la géologie et de son enseignement secondaire et la légitimité scientifique ressentie par les enseignants.

Les sciences de la Terre enseignées dans les classes du secondaire ont-elles connu, à la fin des années 1980, une modification majeure de leurs programmes qui puisse nous conduire à parler de

⁵⁶Le Colloque du Centenaire de l'Ecole Normale Supérieure en novembre 1982, « Des océans aux continents » et la publication de ses actes en 1984 en choisissant d'exposer l'état des connaissances sur la tectonique des plaques offraient aux enseignants une première ressource d'autoformation : Bernard Labesse (ed.), 1984, *Des Océans aux Continents*, Colloque du Centenaire de l'Ecole Normale Supérieure de Saint-Cloud, 20-21 novembre 1982, *Bull. SGF*, 7e Série, tome XXVI, n°3, pp. 325-568, Série éducation.

En 1986, l'Association des Professeurs de Biologie Géologie (APBG) consacrait ses Journées nationales à l'exposé des apports de ce modèle : APBG, 1987, Spécial géologie, *Biologie Géologie*, n° 2 bis. En 1988, le Colloque Terre 88 « Au delà de la tectonique des plaques », à la Cité des Sciences et de l'Industrie réunissait chercheurs et enseignants du secondaire (dans le cadre des Journées nationales de l'APBG). La demande de formation était manifeste. La publication des actes permettait à

un grand nombre d'enseignants de sciences naturelles de renforcer leur maîtrise du sujet : APBG, 1989, Terre 88, *Biologie Géologie*, n° 2 bis.

⁵⁷En 1979, la bibliothèque Pour la Science publiait un recueil d'articles parus depuis 1968 dans Scientific American. Bibliothèque Pour la Science, 1979, *La Dérive des continents. La Tectonique des plaques*, Paris : Belin, préf. Claude Allègre. L'ouvrage était commun dans les bibliothèques d'établissements scolaires au début des années 1990. Mais, plus décisif fut l'ouvrage *L'écume de la Terre* publié en 1983 par Claude Allègre. Pour un grand nombre d'enseignants, c'était une découverte du modèle de la tectonique des plaques et de son histoire. Claude Allègre, 1983, *L'écume de la Terre*, Paris : Fayard, Le temps des sciences. L'ouvrage des Tarling, publié dix ans plus tôt était resté plus confidentiel : D. H. Tarling & M. P. Tarling, 1973, *La dérive des continents. Conceptions nouvelles*, Paris : Doin.

« révolution dans l'enseignement scolaire des sciences de la Terre », par analogie avec les révolutions scientifiques théorisées par Kuhn ou par analogie avec la revendication d'une révolution dans les sciences de la Terre, formulée par Hallam et reprise après de manière générale par la communauté scientifique⁵⁸?

Les programmes de géologie de l'enseignement secondaire ont connu une modification majeure et rapide de leurs contenus scientifiques au cours des années 1980. L'enseignement du modèle de la tectonique des plaques s'est ajouté, puis substitué à un enseignement traditionnel des roches, des fossiles, des processus au service d'une histoire de la géologie de la France. On peut voir dans les programmes des classes de troisième de 1980 et de première scientifique de 1982, l'expression d'une tension (une crise ?) entre ancien et nouveau programmes. Cette modification des contenus prescrits s'est accompagnée d'une modification des supports et outils d'études, tout en cherchant à conserver une méthode inductive appuyée sur l'étude préalable d'objets. Les objets concrets et les observations directes sur le terrain ont cédé la place à l'étude de documents papiers mais la démarche

est restée la même. Ce changement majeur des programmes s'est répercuté plus lentement sur les pratiques et a contribué à son échelle à renforcer les travaux dirigés au détriment des travaux pratiques.

Une recherche de plus grande ampleur reste à conduire sur l'impact de ce changement majeur des programmes sur l'enseignement disciplinaire lui-même. Pour Kuhn, l'étude d'une révolution scientifique doit nécessairement prendre en compte les facteurs sociologiques et psychologiques. La « conversion » des enseignants au nouveau modèle fut rapide, mais certains ont pu montrer quelques lenteurs à modifier des pratiques et activités plus anciennes, voire ont contesté la réduction de la place des objets concrets au profit des documents papier. Le poids des jeunes professeurs recrutés, tout autant que le niveau d'abstraction du modèle à enseigner ou la légitimité scientifique ressentie par les enseignants sont à prendre en considération pour questionner la possible révolution produite dans l'enseignement par ce changement des programmes. La dimension dynamique et globale, la valorisation de la modélisation sont également des évolutions à questionner.

Bibliographie

- ALLEGRE, C. (1983). *L'écume de la Terre*, Paris : Fayard, Le temps des sciences.
- APBG (1987). Spécial géologie, *Biologie Géologie*, 1987, n° 2 bis.
- APBG (1989). Terre 88, *Biologie Géologie*, 1989, n° 2 bis.
- Bibliothèque Pour la Science (1979). *La Dérive des continents. La Tectonique des plaques*, Paris : Belin.
- CAMPAN, F. (1965). Allocution le 14 septembre 1965 devant le congrès de l'APBG, *Biologie-Géologie*, 1965, n°4, p. 327.
- DEWEY, J. (1979). La tectonique des plaques, In. *La dérive des continents et la tectonique des plaques*, Paris : Belin, Bibliothèque « Pour la Science », p. 32.
- KITTS, D. (1974). Continental Drift and Scientific Revolution, *Bull. Am. Ass. Petroleum geologists*, 58, pp. 2490-2496.
- KUHN, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago : University of Chicago Press.
- LABESSE, B. (ed.) (1984). Bernard Labesse, Des Océans aux Continents, Colloque du Centenaire de l'école Normale Supérieure de Saint-Cloud, 20-21 novembre 1982, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 26, n°3, p. 325-568, Série éducation
- LAUDAN R. (1978). The Recent Revolution. Dans *Geology and Kuhn's Theory of Scientific Change, Proceedings of the Biennial Meeting of the*

⁵⁸Pour Michael Ruse (1981) il y a une grande différence entre ce que Kuhn pense avoir écrit et ce que le public pense en avoir

compris.

- Philosophy of Science Association*, p. 227-239.
- LE PICHON, X. (1968). Sea-Floor Spreading and Continental Drift, *Jour. geophys. Res.*, **73**, n°12, June 15, p. 3661-3697.
- MARVIN, U. (1973). *Continental Drift : The Evolution of a Concept*, Washington : Smithsonian Institution Press.
- MORGAN, J. (1968). Rises, Trenches, Great Faults, and Crustal Blocks, *Jour. geophys. Res.*, **73**, n° 6, March 15, p. 1959-1982.
- RUSE M. (1978). What Kind of Revolution Occurred in Geology ? *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, p. 240-273.
- SAVATON, P. (2002). De la Minéralogie aux sciences de la Terre : la géologie dans l'enseignement secondaire de 1795 à 1988, *Rev. Hist.Sc*, décembre 2002, 55/4, p. 533-558.
- SAVATON, P. (2005). Le terrain dans l'enseignement secondaire (1902-2002), *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 2005, vol. 42, n° 3, p. 3-7.
- SAVATON, P. (2010). L'enseignement secondaire des sciences naturelles dans les années 1950 : un nouvel enseignement moderne. In. D'Enfert R. & P. Kahn (dir.). *En attendant la réforme. Disciplines scolaires et politiques éducatives sous la IV^e République*, Grenoble : PUG, p. 101-114.
- SAVATON, P. (2011). L'enseignement des sciences naturelles dans les années 1960 : entre réformes, révolution et reconnaissance, In. D'Enfert R. & P. Kahn (dir.), *La politique scolaire des années 1960 : aspects institutionnels et enjeux disciplinaires*, Grenoble : PUG, p. 121-139.
- SAVATON, P. (2015). Le patrimoine géologique... des manuels scolaires, In. Avoine Jacques & Laura Baillet (eds), Actes du colloque « Géopatrimoine, quel avenir pour le patrimoine géologique en France ? ». 15-18 octobre 2013, Caen. - *Mém. H.S. Soc. géol. Fr.*, **15**, 230, p. 41-50.
- . *Géologie. 1^{re} S*, Paris : Bordas, Coll. Tavernier.
- TARLING, D. H. & TARLING, M. P. (1973). *La dérive des continents. Conceptions nouvelles*, Paris : Doin.
- Ouvrages scolaires**
- BERGERON, J., GOHAU, G., Hervé, J.-C., Lemaître, J.-P., MONER, J. (1980). *Eveil à la vie. Biologie humaine. Géologie. 3^e*, Paris : Hatier.
- BRETON, D., DUPONT, M., FREYTET, P. (1980). *Sciences naturelles, 3^e*, Paris : Techniques & Vulgarisation.
- Brun-Cottan, F., DEBRUNE, M.-P., DEBRUNE, M. (1979). *Sciences naturelles. Biologie humaine. Géologie. 3^e*, Paris : Belin, Cours Debrune.
- Désiré, C., TAVERNIER, R. & al. (1980). *Biologie-Géologie 3^e*, Paris : Bordas, Coll. C. Désiré & R. Tavernier.
- ESCALIER, J. & al. (1980). *Biologie humaine. Géologie. 3^e*, Paris : Nathan, Coll. L'homme et la nature.
- ESCALIER, J. & al. (1982). *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Nathan, Coll. Jacques Escalier.
- FERGUSON, J., RAMPNOUX, J.-P. & al. (1980). *Physiologie humaine. Géologie. 3^e*, Paris : SCODEL.
- GODET, G., KERN, B. (dir.). (1988). *La vie et la Terre, Biologie/Géologie, 1^{re} S*, Paris : Istra, éditions Casteilla.
- GOURLAOUEN, J. & al. (1982). *Sciences naturelles, 1^{re} scientifique*, Paris : Hachette, Coll. J. Gourlaouen.
- Hervé, J.-C., MAISONHAUTE, M., MAROLLE, E., MASSET, M. (1982). *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Hatier.
- LARUE R., HATEM, J., Gelé, J., MAISONHAUTE, M. (1980). *Sciences naturelles. Biologie / Géologie, classe de troisième. Livre d'accompagnement pour les professeurs*, Paris : Hachette.
- TAVERNIER, R. & al. (1982). *Biologie. Géologie. 1^{re} S*, Paris : Bordas, Coll. Tavernier.

Annexe 1

Programmes de sciences naturelles de la classe de quatrième, de 1958 à 1970 (BOEN n°38, 23 octobre 1958, p. 3062-3074)

1. Les roches

étude des principales roches de la région et, le cas échéant, des fossiles qu'elles contiennent. Essais de reconstitution de leur histoire. Les divers types de roches : éruptives, sédimentaires, métamorphiques. Deux minerais exploités en France.

2. Les phénomènes géologiques

étude, dans le cadre local ou à partir de documents photographiques, de phénomènes géologiques d'origine externe et d'origine interne ; manifestations de ces mêmes phénomènes au cours des temps géologiques. Comparaison de leurs actions sur le relief.

3. Histoire de la terre

Age relatif des terrains ; cette notion sera dégagée d'observations faites si possibles sur le terrain et à partir de documents (photographies, roches, fossiles). Grandes subdivisions des

temps géologiques.

étude de quelques fossiles caractéristiques des diverses ères géologiques, leur place dans la classification des êtres vivants. On mettra en valeur le fait important de la succession des flores et des faunes.

Utilisation de toutes les notions précédemment acquises à des essais de compréhension de la géologie locale. établissement d'une carte géologique locale très simple.

La carte géologique de la France. Esquisse de l'histoire géologique de la France.

4. Le sol, le sous-sol et l'homme

Constatation d'un lien entre végétation spontanée, cultures et formations géologiques. Intérêt de la géologie appliquée ; on partira d'exemples empruntés au cadre local puis à la France entière.

Annexe 2 :

Programmes des classes première C' et M' de 1952 à 1964 (A. 19/08/1952)

1. Les animaux dans leur milieu

2. Organisation et biologie des animaux

3. Les animaux et l'homme

4. Les fossiles

« étude d'une coupe fossilifère. Récolte des fossiles. Nettoyage et préparation des fossiles. étude zoologique. Essai de reconstitution du milieu biogéographique [En cas d'impossibilité matérielle, on utilisera au mieux les ressources des collections de lycée et des musées locaux]

étude de deux exemples pris dans le cadre régional montrant l'importance de la vie animale dans la formation des roches.

étude sur quelques exemples de l'utilisation des restes fossiles à la reconstitution des animaux disparus et de leur biologie.

Application à l'étude de l'adaptation des reptiles secondaires aux divers milieux.

étude des principaux documents relatifs à l'homme fossile et à son industrie. »

Annexe 3

Programme de la classe de première D de 1966 à 1982 (BOEN n°3, 4 août 1966, p. 1751-1755)

- | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aspects de rapports entre les êtres vivants et leur milieu | Des mouvements de l'écorce terrestre (notions de tectonique) |
| 2. Quelques aspects de la connaissance de la terre | Des paysages (notions de morphologie) |
| Introduction à la géologie | Des sols : aperçu sur la genèse |
| Des roches (notions de pétrographie) | Essai d'une synthèse régionale : Esquisse de l'histoire géologique de la région, à partir de la connaissance des roches et éventuellement des fossiles communément récoltés. Situation de la région dans la grande unité géologique à laquelle elle appartient. |
| Des fossiles (notions de paléontologie) | |
| Des micro-fossiles (notions de micropaléontologie) | |
| Des couches de terrains (notions de stratigraphie) | |
| | 3. Quelques problèmes d'alimentation et de nutrition |

Annexe 4

Programmes de sciences naturelles de la classe de terminale D de 1967 à 1989 (BOEN n°3, 4 août 1966, p.1755-1761)

- | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| I. Quelques problèmes biologiques relatifs à l'Homme | Les adaptations d'un groupe paléontologique à l'ère secondaire [les reptiles](*) |
| II. La cellule. Quelques aspects de la vie cellulaire | L'évolution d'un groupe à l'ère tertiaire [les mammifères] |
| III. Quelques aspects de la reproduction des êtres vivants | 2. Quelques faits actuels suggérant l'idée d'évolution |
| IV. Quelques problèmes de génétique et d'évolution | 3. Origine et évolution de l'homme (**) |
| La variation | 4. Les théories de l'évolution |
| L'hérédité et la génétique moderne | |
| L'évolution | |
| 1. Quelques grandes étapes de l'évolution de la vie | (*) Allègement des programmes pour le baccalauréat 1969. |
| De l'apparition de la vie à la conquête du milieu aérien...(*) | (**) également au programme de la classe de terminale C |

Annexe 5

Programmes de sciences naturelles de la classe de quatrième de 1970 à 1979 (BOEN n°14, 2 avril 1970, p.1172-1173)

Divers types de roches, éruptives, sédimentaires et métamorphiques, prises par priorité dans la région.

- étude pétrologique, étude morphologique, essai de reconstitution de l'histoire de ces roches.
- Constatation d'un lien entre végétation spontanée, cultures et formations géologiques.

Divers types de fossiles empruntés, par priorité, aux roches de la région. Intérêt de ces fossiles, des points de vue paléontologique, stratigraphique, paléogéographique et paléobiologique.

À partir d'observations faites sur le terrain et sur la carte géologique, utilisation des notions précédemment acquises à des essais de compréhension de la géologie régionale. établissement progressif d'une carte géologique simple.

N.B. : Les différents points de ce programme seront traités et liés entre eux dans un ordre choisi par le professeur en fonction des possibilités régionales.

Annexe 6

Programmes de sciences naturelles des classes de quatrième et troisième à partir de 1979 (BOEN n° spécial 4bis, 11 janvier 1979, p. 460-462).

Classe de quatrième (rentrée 1979)

I. Géologie

« A partir d'observations faites sur le terrain et d'études au laboratoire, établissement d'un lien entre paysage et nature des roches. étude de divers types de roches, prises par priorité dans la région, de leur milieu et de leur mode de formation. Histoire de ces roches et de leur gisement. »

II. Biologie humaine

Classe de troisième (rentrée 1980)

I. Physiologie humaine et hygiène

II. « Géologie : éléments de géologie historique

Essai de reconstitution de l'histoire de la région à partir de données stratigraphiques, paléontologiques, tectoniques et paléogéographiques.

La Terre, planète active : les grandes manifestations de son activité. Les grands traits de l'histoire de la Terre. »

Annexe 7

Programmes de sciences naturelles des classes de première scientifique à partir de 1982 (BOEN n° spécial 3, 22 avril 1982, p.75-96)

I. Les transformations de la matière chez les êtres vivants : production et consommation (2/3 temps)
La production de matière par les végétaux chlorophylliens. L'alimentation des animaux. Consommation par les êtres vivants. L'alimentation rationnelle de l'homme.

II. Géologie (1/3 temps)

« A - Constitution du globe terrestre

1. Diversité des roches prises dans un ensemble régional.

Quelques types de roches sédimentaires. Leur milieu de genèse. Quelques exemples de

roches magmatiques. Leurs modes de gisements. Quelques exemples de roches métamorphiques. Leurs gisements.

2. Les manifestations des forces internes du globe terrestre.

Volcanisme, séismicité. Structure du globe terrestre. Formation des chaînes de montagnes et évolution des fonds océaniques.

La tectonique des plaques.

B - Les ressources naturelles

Roche, sol et végétation. Les minerais métalliques, gisement et origine. Les roches carbonées. Fossilisation de l'énergie solaire. Les gisements de l'eau. »

Annexe 8

Programmes de Sciences et techniques biologiques et géologiques de la classe de quatrième à la rentrée 1988 (Supplément au BOEN n°25, 30 juin 1988, p. 131-137)

A. Géologie (4/5 de l'année)

À l'occasion des différentes études, on met en évidence quelques problèmes géologiques en liaison avec le gisement, l'exploitation et les propriétés de roches régionales (quatre au maximum) intervenant dans l'environnement ou dans les activités humaines.

Une manifestation de l'activité du globe : le volcanisme. Mise en place, structure de la roche, origine d'une lave. Formation de la croûte océanique.

Les autres manifestations de l'activité du globe : séismes, déformation des roches.

Continents, océans, structures du globe.

Tectonique globale.

La circulation de matières dans le globe : origine des roches métamorphiques et des roches

magmatiques.

Trois roches d'une série métamorphique (gisement, structure)

Une roche granitique (gisement, structure)

Histoire de deux roches sédimentaires d'origine différente (sable, calcaire fossilifère, etc.). Leur place dans une série sédimentaire. Histoire de leur bassin sédimentaire.

Cycle des roches. Vue d'ensemble sur les roches : critères de détermination.

Les grands traits de l'histoire de la Terre.

Mise en jeu de la responsabilité humaine. Un sujet au choix parmi les suivants :

Une roche énergétique (...); la gestion des nappes phréatiques ; la détection et la prévention des risques naturels (...)

Annexe 9

Biologie - Géologie. Programme. Classes de première A, B, S à la rentrée 1988 (Supplément au BOEN n°21, 2 juin 1988, p. 19-54)

I. Les transformations de la matière et le flux d'énergie chez les êtres vivants
.../...

II. La dynamique du globe terrestre

A. *La mobilité de la lithosphère*

La structure du globe : apports de l'astronomie, de la géologie et de l'océanographie.

La formation des océans : Wegener : premiers arguments en faveur de la dérive des continents ; naissance et élargissement d'un rift ; la dorsale océanique et son fonctionnement ; le volcanisme associé ; preuves magnétiques de l'accrétion ; la croûte océanique.

La subduction et la résorption de la croûte océanique : données

sismiques et thermiques ; les fosses ; le volcanisme andésitique.

La théorie de la tectonique globale : existence et mouvements des plaques.

B. *La transformation et le mouvement de matière*

L'accumulation des sédiments

La formation des chaînes de montagne : Part de la subduction et de l'accrétion dans cette formation.

Le métamorphisme : le rôle de la pression et de la température.

Le magmatisme : fusion généralisée, totale ou partielle ; anatexie ; mise en place des roches plutoniques ; fusion localisé et volcanisme ponctuel.

Formation et accumulation de ressources géologiques

Le cycle de la matière dans le globe