

Tectonique des plaques et démarche d'investigation

Denise Orange Ravachol

Maître de conférences HDR
IUFRM des Pays de la Loire-Université de Nantes
denise.orange@univ-nantes.fr

Rouen, mercredi 9 novembre 2011

La démarche d'investigation		
Ecole (moments)	Collège (moments)	Lycée (étapes)
Le choix d'une situation de départ	Le choix d'une situation - problème	Une situation motivante suscitant la curiosité
La formulation du questionnement des élèves	L'appropriation du problème par les élèves	La formulation d'une problématique précise
L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider/invalidier	La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles	L'énoncé d'hypothèses explicatives La conception d'une stratégie ou d'un protocole pour éprouver ces hypothèses
L'investigation conduite par les élèves	L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves	La mise en œuvre du projet ainsi élaboré
	L'échange argumenté autour des propositions élaborées	La confrontation des résultats obtenus et des hypothèses
L'acquisition et la structuration de connaissances	L'acquisition et la structuration de connaissances	L'élaboration d'un savoir mémorisable
	La mobilisation des connaissances	L'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir

Plan de la conférence

1. Les problèmes géologiques pris en charge par les programmes de l'école, du collège et du lycée
2. Le fonctionnement des élèves dans quelques problèmes géologiques
3. Investigation et inscription des élèves dans le cadre théorique de la tectonique des plaques
4. Les problèmes géologiques d'un point de vue anthropique

Plan de la conférence

1. Les problèmes géologiques pris en charge par les programmes de l'école, du collège et du lycée
2. Le fonctionnement des élèves dans quelques problèmes géologiques
3. Investigation et inscription des élèves dans le cadre théorique de la tectonique des plaques
4. Les problèmes géologiques d'un point de vue anthropique

Les problèmes géologiques dans les programmes d'enseignement

Ecole (cycle des approfondissements)	Collège (5è, 4è, 3è)	Lycée (Seconde, Première S, Terminale S)
	5è: Géologie externe: évolution des paysages (actualisme)	2e: Thème 1 - La terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée Thème 2 - Enjeux contemporains: énergie, sol
Volcans et séismes, les risques pour les sociétés humaines	4è: L'activité interne du globe	Thème 1-B – La tectonique des plaques: l'histoire d'un modèle ○ ○ Thème 2-A – Tectonique des plaques et géologie appliquée ○ ○
	3è: Evolution des organismes vivants et histoire de la Terre	TS: Thème 1 - La Terre dans l'univers, la vie, l'évolution du vivant: une planète habitée ○ ○ Thème 1-B-Le domaine continental et sa dynamique Thème 2-Enjeux planétaires contemporains Thème 2-A - Géothermie et propriétés thermiques de la Terre TS spé: Thème 1-La terre dans l'univers, la vie et l'évolution de la vie ○ ○

Evolution des questions anthropiques dans les programmes

<p>L'évolution des paysages: effets de l'activité interne du globe (1997)</p>	<p>L'activité interne du globe (2005)</p>	<p>L'activité interne du globe (2008)</p>
<p>L'activité de la planète engendre des risques pour l'Homme.</p>	<p>Objectifs éducatifs Une approche accessible de l'activité interne de la planète Terre permettra aux élèves de découvrir comment l'Homme peut se prémunir des risques volcaniques et sismiques.</p>	<p>Objectifs éducatifs La mobilisation de leurs connaissances sur l'activité interne de la planète Terre permettra aux élèves de découvrir comment l'Homme peut veiller aux risques naturels volcaniques et sismiques.</p>

Les types de problèmes géologiques scolaires

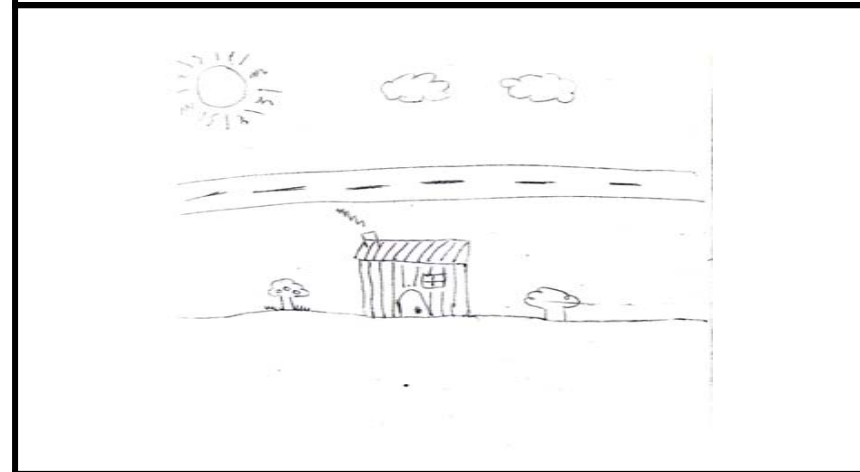
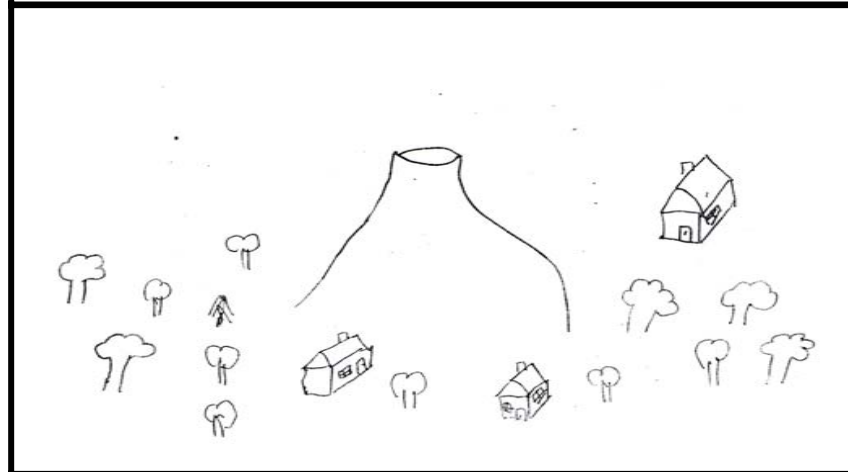
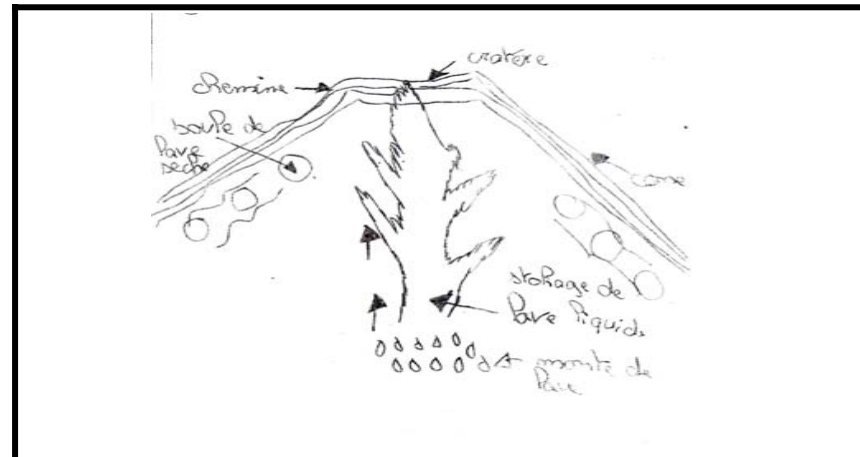
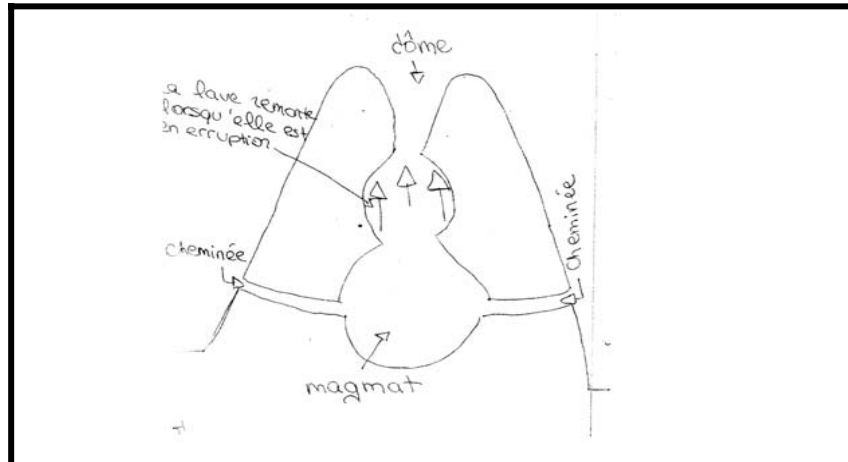
Dans le cadre théorique unifié de la tectonique des plaques

- Des problèmes en rapport avec le fonctionnement actuel de la Terre (problèmes fonctionnalistes)
- Des problèmes de reconstitution de l'histoire de la Terre (problèmes historiques)
- Des problèmes fonctionnalistes et historiques **à voir en lien avec l'Homme.**

Plan de la conférence

1. Les problèmes géologiques pris en charge par les programmes de l'école, du collège et du lycée
2. Le fonctionnement des élèves dans quelques problèmes géologiques
3. Investigation et inscription des élèves dans le cadre théorique de la tectonique des plaques
4. Les problèmes géologiques d'un point de vue anthropique

Comment fonctionne un volcan et quel était le paysage avant toute activité volcanique? (classe de quatrième)

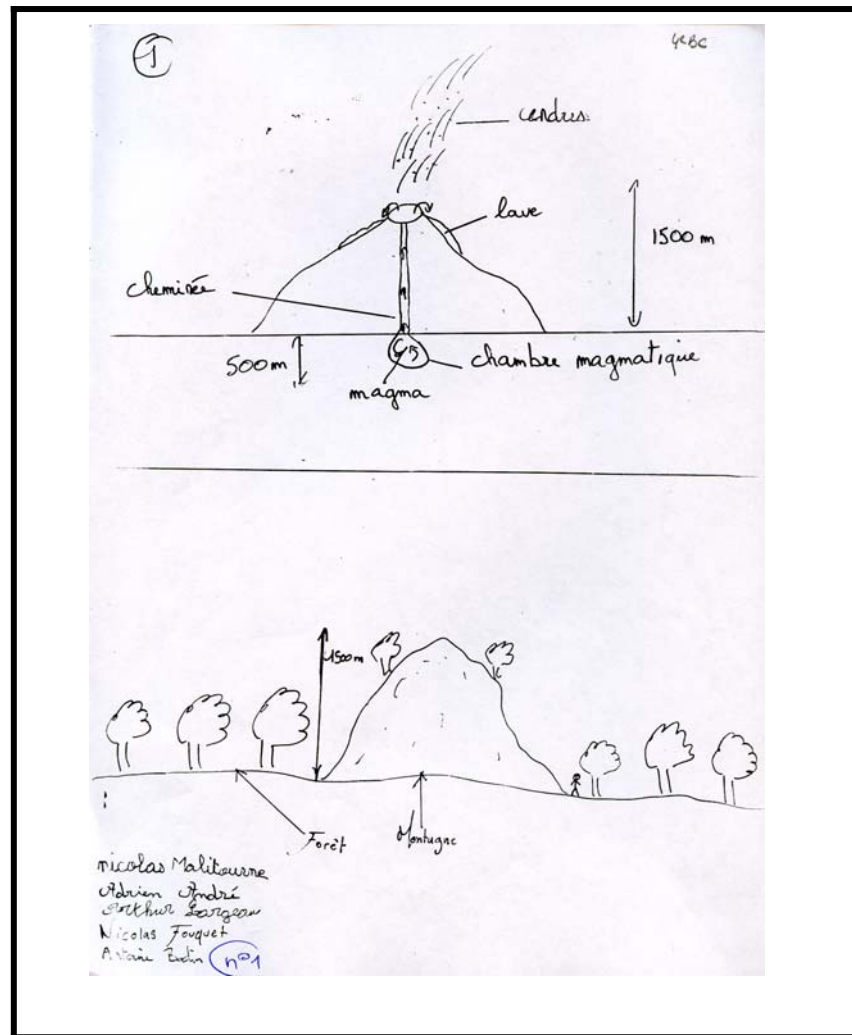


Classe de M. Jurvilliers

Elève 1

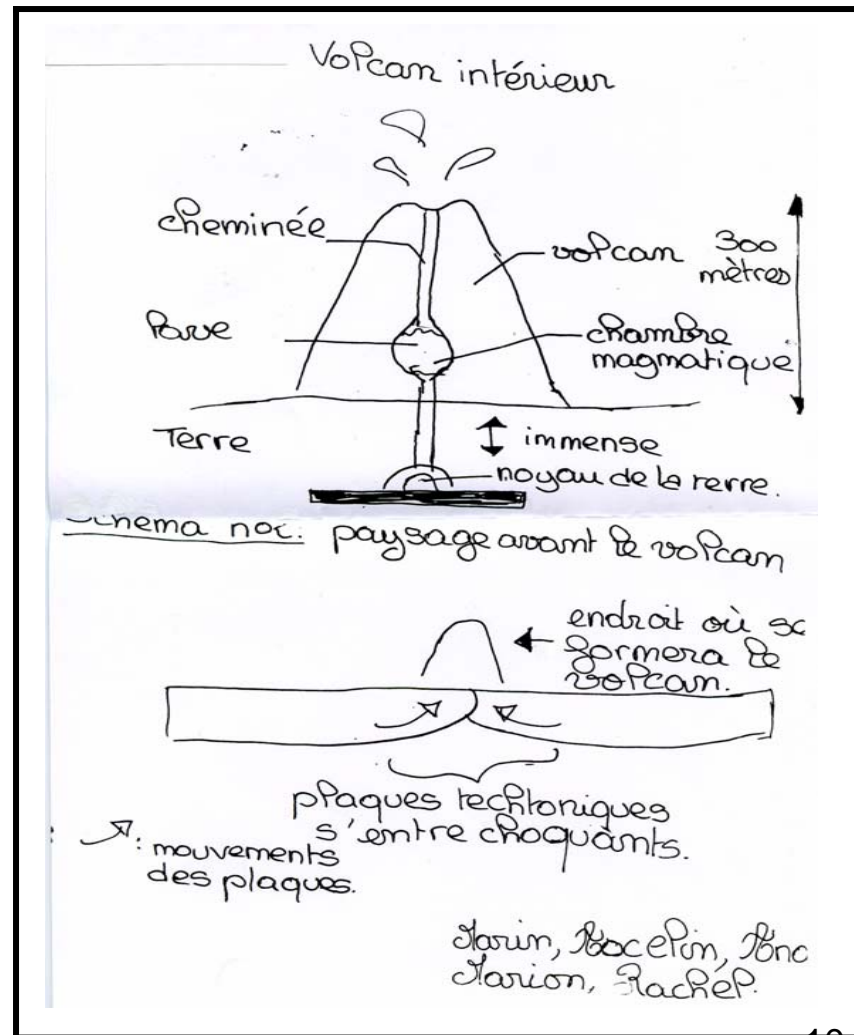
Elève 2

Comment fonctionne un volcan et quel était le paysage avant toute activité volcanique? (classe de quatrième)



Classe de M. Jurvilliers
DOR, 09-11-11

Groupe 1



Groupe 2

Expliquez sous la forme d'un schéma légendé et d'un texte comment fonctionne un volcan (classe de CM2)



Le volcan se met en éruption quand deux plaques souterraines vont l'une sur l'autre. Ca provoque un tremblement de Terre qui fait secouer la chambre de lave. La lave monte à la surface et explose.

Classe de L. Johais

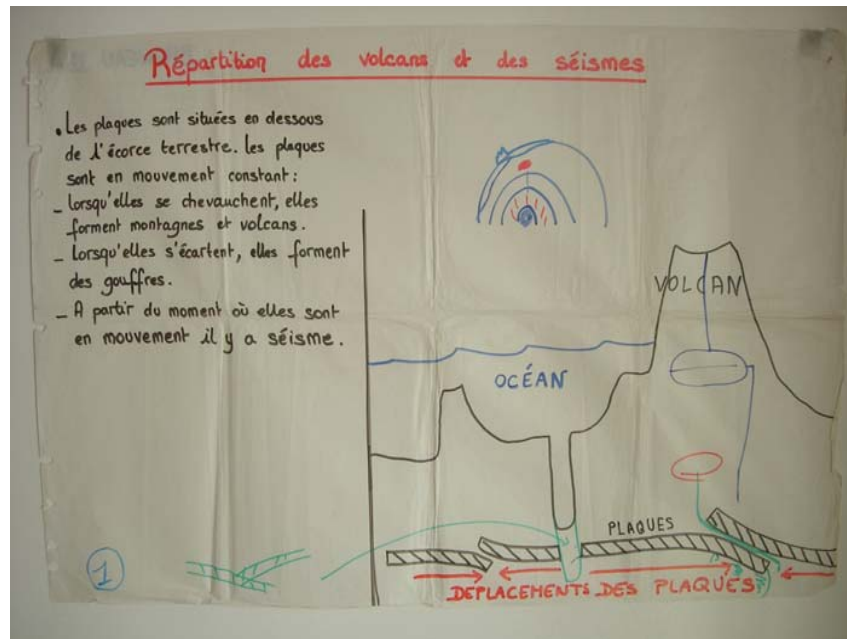
DOR, 09-11-11



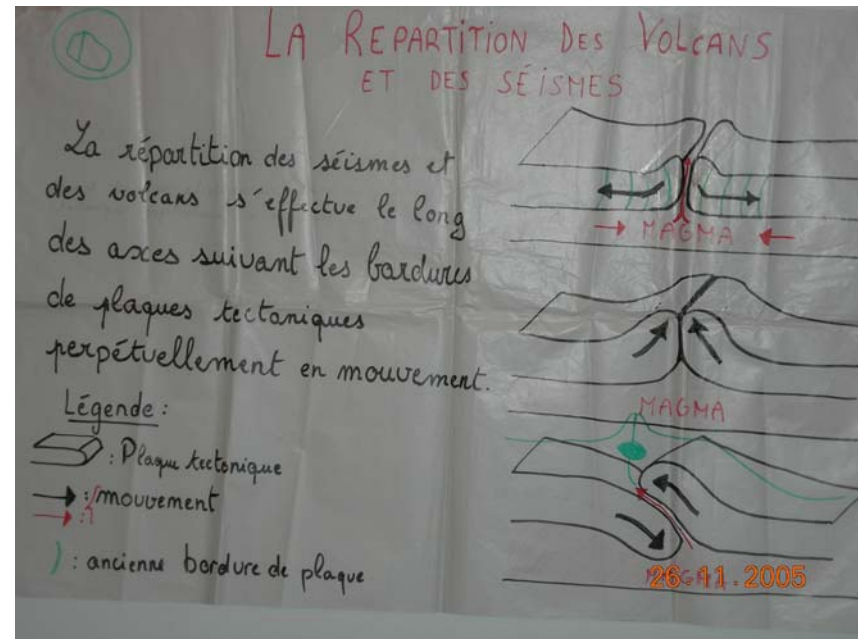
Sous la puissance de l'explosion des morceaux de roches se détachent du volcan et retombent à des kilomètres plus loin. Les nuées ardentes sont faites de roches et de fumées toxiques. Le centre de la Terre est chaud ce qui exerce une pression qui fait exploser et monter la lave en fusion.

Expliquez la répartition des volcans et des séismes

La réponse se présentera sous la forme d'un texte et d'un (de) schéma(s) (classe de Première S)



Groupe 1



Groupe 4

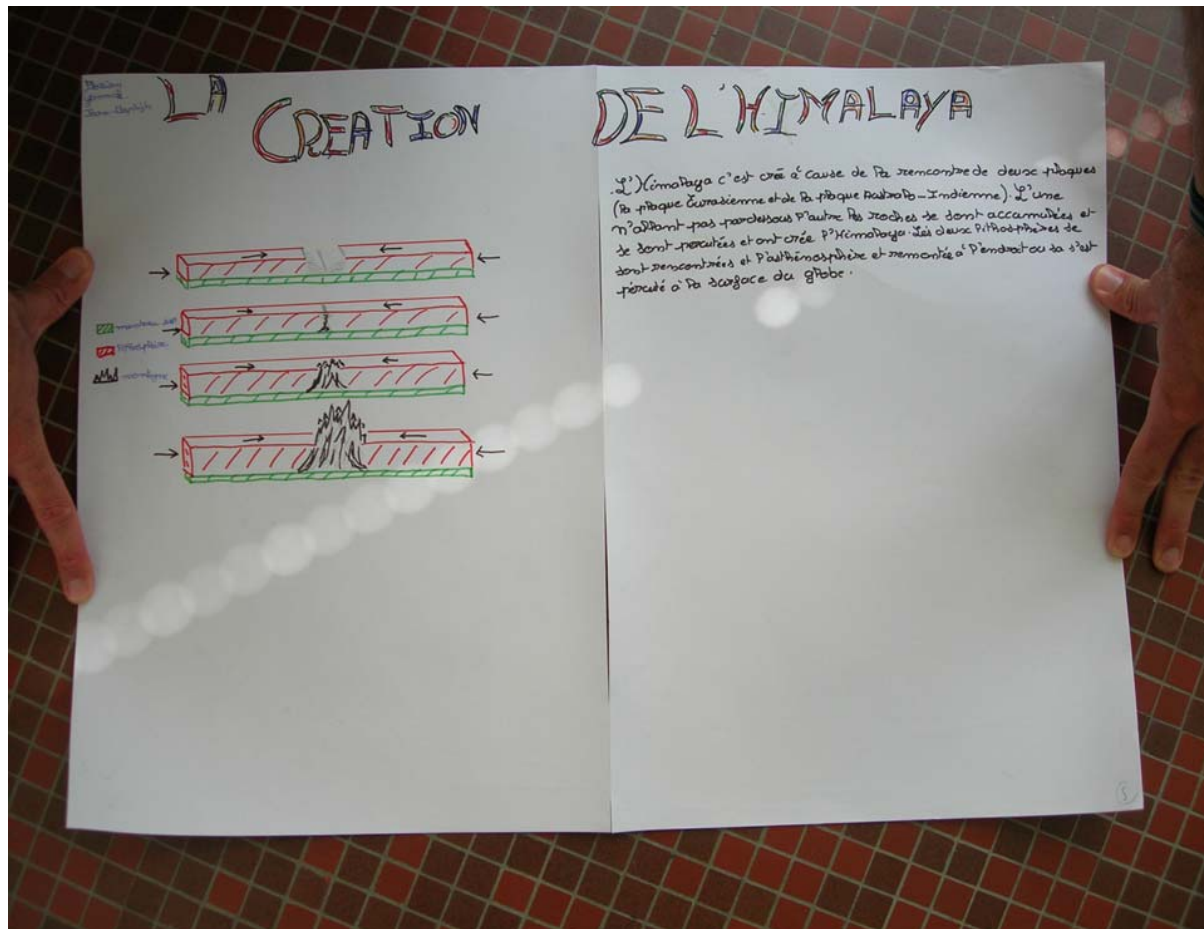
Problème de volcanisme (problème fonctionnaliste)

Les scientifiques	Les élèves
<ul style="list-style-type: none">- Problème de formation des magmas- Problème de la remontée du magma- Problème du déclenchement des éruptions <p>→ Prise en charge de problèmes fonctionnalistes</p> <p>→ Centration sur des phénomènes volcaniques</p>	<ul style="list-style-type: none">- Problème de la remontée du magma- Problème de la sporadicité des éruptions <p>→ Pas exactement les mêmes problèmes fonctionnalistes</p> <p>→ Prise en considération de problèmes historiques (centration sur des événements spectaculaires)</p>

Le problème du volcanisme (problème fonctionnaliste)

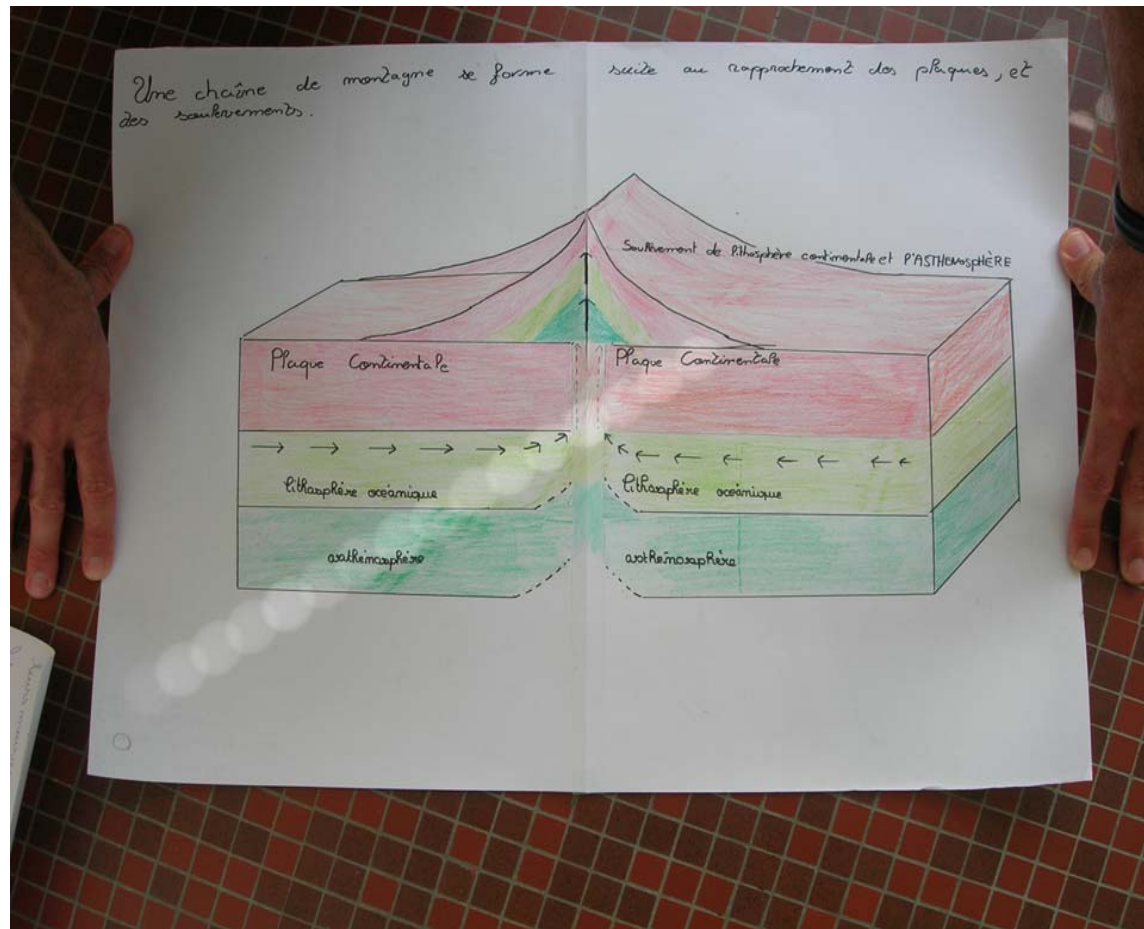
La démarche d'investigation		
Ecole	Collège	Lycée
Le choix d'une situation de départ	Le choix d'une situation problème	Une situation motivante suscitant la curiosité
La formulation du questionnement des élèves	L'appropriation du problème par les élèves	La formulation d'une problématique précise
L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation	La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles	L'énoncé d'hypothèses explicatives La conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses
L'investigation conduite par les élèves	L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves	La mise en œuvre du projet ainsi élaboré
	L'échange argumenté autour des propositions élaborées	La confrontation des résultats obtenus et des hypothèses
L'acquisition et la structuration de connaissances	L'acquisition et la structuration de connaissances	L'élaboration d'un savoir mémorisable
	La mobilisation des connaissances	L'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir

Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère. (classe de quatrième)



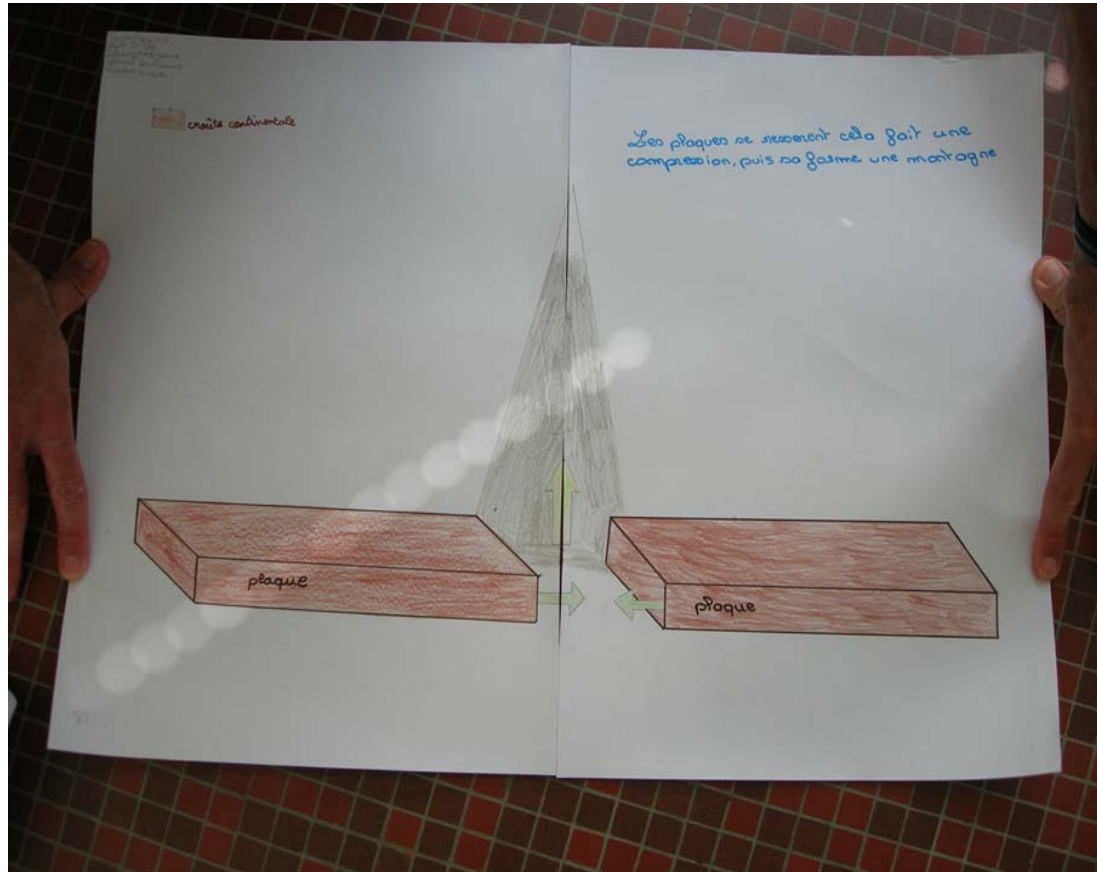
L'Himalaya s'est créée à cause de la rencontre de deux plaques, la plaque éurasienne et la plaque australo-indienne. L'une n'allant pas par dessus l'autre les roches se sont accumulées et se sont percutées et ont créé l'Himalaya. Les deux lithosphères se sont rencontrées et l'asthénosphère est remontée à l'endroit où ça s'est percuté à la surface du globe.

Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère. (classe de quatrième)



Une chaîne de montagnes se forme suite au rapprochement des plaques, et des soulèvements.

Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère. (classe de quatrième)



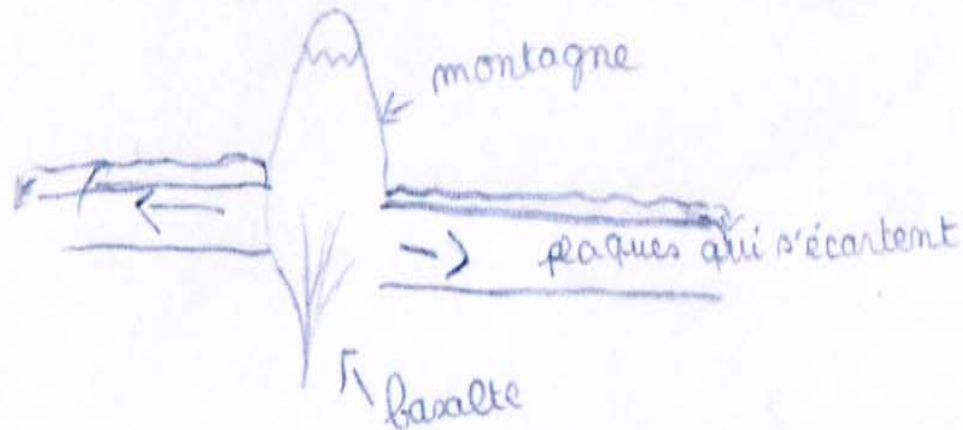
Les plaques se resserrent, cela fait une compression puis ça forme une montagne

Classe de J.M. Fouetillou

DOR, 09-11-11

Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère. (classe de quatrième)

Les plaques s'écartent ~~et est~~ ^{et} le Basalte ressort ~~q~~, quand ~~il~~ ~~de~~ ~~un~~ ~~côté~~ ~~ou~~ et il forme la lithosphère mais que du côté où ~~il~~ le Basalte disparaît, ~~il~~ il disparaît plus lentement ~~que~~ ~~en~~ qu'il n'apparaît, donc en attendant des montagnes se forment ~~avec le basalte~~.



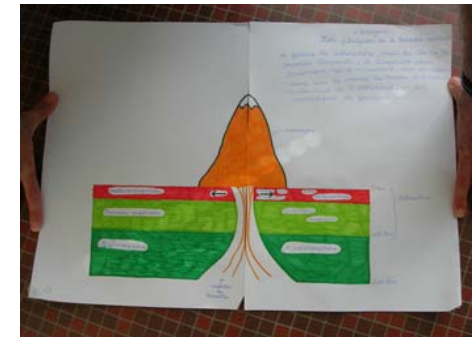
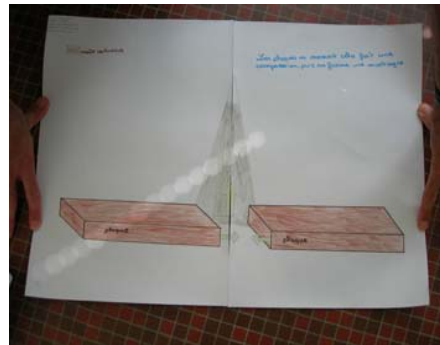
La formation d'une chaîne de montagnes (problème historique)

Les scientifiques	Les élèves
<ul style="list-style-type: none">- Actualisme complexe - Construction de « traces » → Tectonique des plaques→ Construction d'une histoire « réelle » et raisonnée	<ul style="list-style-type: none">- Actualisme simpliste- Catastrophisme simpliste - Pas ou peu de recours à des « traces » → Dérive des plaques→ «Petites histoires» (<i>storytelling</i>)

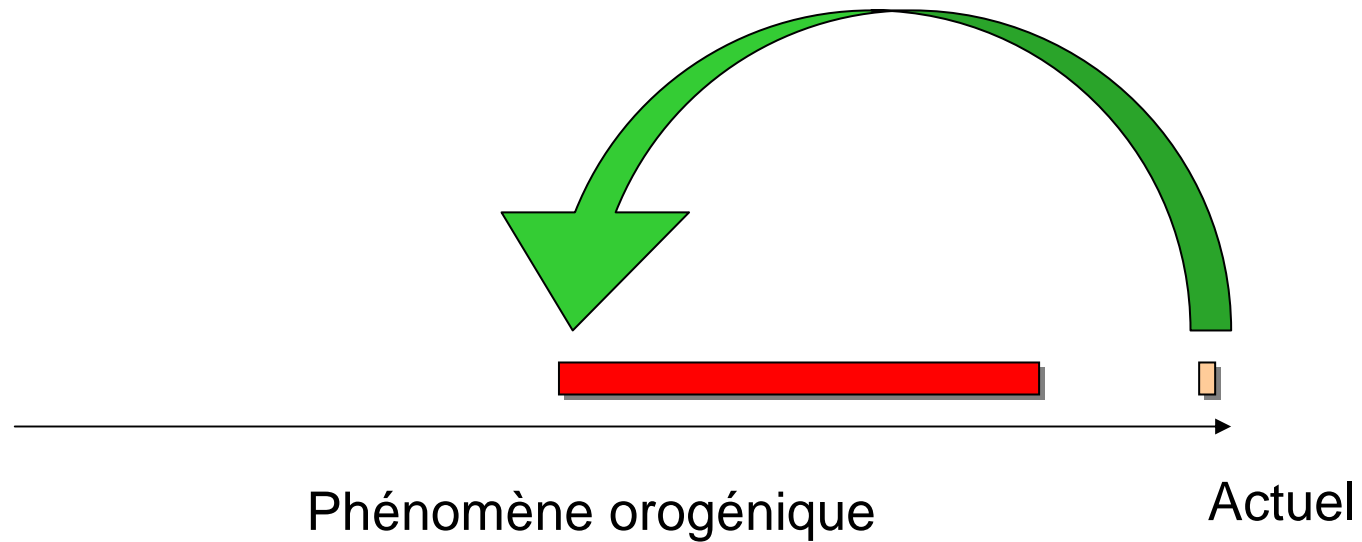
La formation d'une chaîne de montagnes (problème historique)

La démarche d'investigation		
Ecole	Collège	Lycée
Le choix d'une situation de départ	Le choix d'une situation problème	Une situation motivante suscitant la curiosité
La formulation du questionnement des élèves	L'appropriation du problème par les élèves	La formulation d'une problématique précise
L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation	La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles	L'énoncé d'hypothèses explicatives La conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses
L'investigation conduite par les élèves	L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves	La mise en œuvre du projet ainsi élaboré
	L'échange argumenté autour des propositions élaborées	La confrontation des résultats obtenus et des hypothèses
L'acquisition et la structuration de connaissances	L'acquisition et la structuration de connaissances	L'élaboration d'un savoir mémorisable
	La mobilisation des connaissances	L'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir

Ordre de passage des groupes



L'actualisme de 2^e niveau (actualisme à temps long)

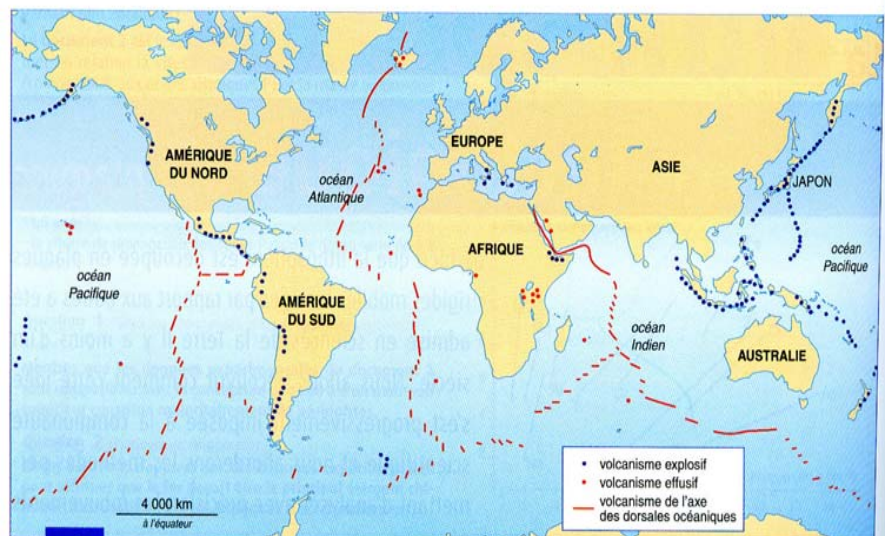
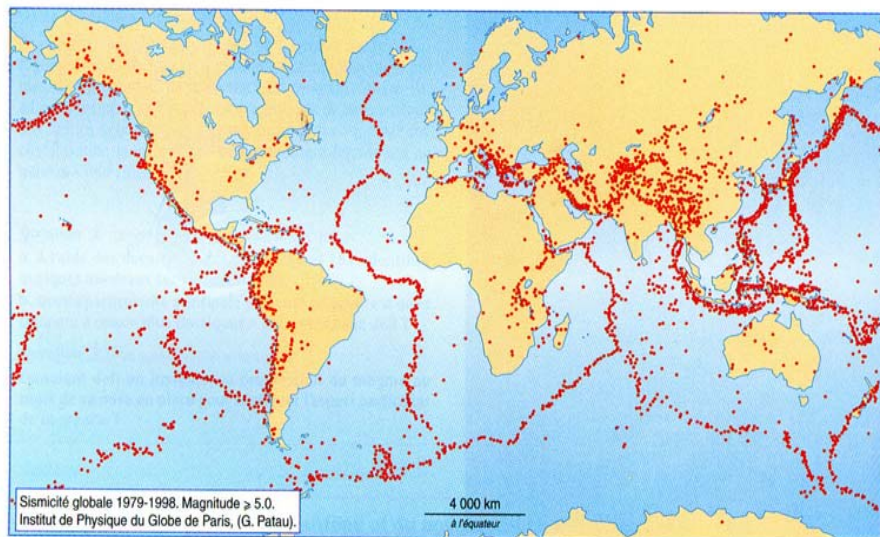


Nécessité d'un temps long constructeur de phénomènes

Plan de la conférence

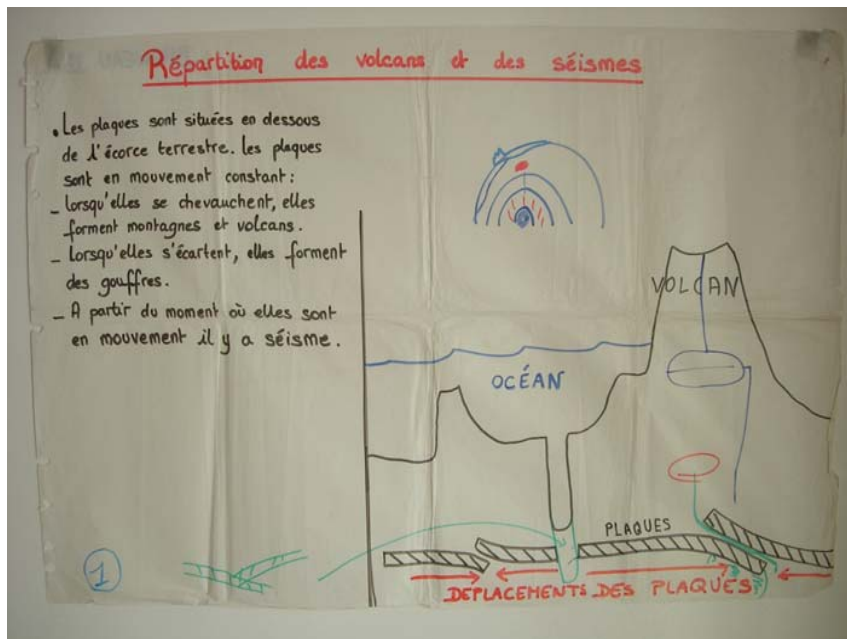
1. Les problèmes géologiques pris en charge par les programmes de l'école, du collège et du lycée
2. Le fonctionnement des élèves dans quelques problèmes géologiques
3. Investigation et inscription des élèves dans le cadre théorique de la tectonique des plaques
4. Les problèmes géologiques d'un point de vue anthropique

La répartition actuelle des volcans et des séismes



Expliquez la répartition des volcans et des séismes

La réponse se présentera sous la forme d'un texte et d'un (de) schéma(s)
(classe de Première S)



Groupe 1

7 – Noëlle : Euh, oui, nous on avait supposé qu'on avait une écorce terrestre qui était au dessus, avec les **plaques**⁸, les différentes **plaques** des continents en dessous. Et que... donc les mouvements de ces **plaques** induisaient les séismes et même parfois aussi les éruptions. Et donc les **plaques**, quand, **elles** peuvent se rapprocher, donc **elles** se chevauchent. Et donc quand **elles** se chevauchent, en même temps ça s'écarte de l'autre côté. Donc ça... ça s'écarte. Rires. Suivant !

8 – Nicolas : Et en fait, on pensait que selon les mouvements des **plaques**, euh, euh... enfin, ça... Enfin, ça décidait le relief, le relief de l'écorce terrestre en fait. Quand les **plaques**, effectivement, **elles** se chevauchent, ben... y a des montagnes ou des volcans et, comme quand **elles** se chevauchent, **elles** s'écartent autre part y a... Ca fait des cratères. Ben... Enfin, en fait, on savait qu'y avait des cratères dans les océans, donc on pensait que c'est quand les **plaques** s'écartaient, en fait.

La répartition des volcans et des séismes (classe de Première S)

Les problèmes géologiques pointés par la classe après la présentation du groupe 1

Problèmes pointés par la classe :	Extrait correspondant du débat :
1. Le problème du trou provoqué par l'écartement des plaques	25. <i>Entre les deux plaques, là, y a un trou ? Ben, y a quoi ?</i>
2. Un problème d'organisation du globe terrestre	33. <i>Et y a quoi entre l'écorce terrestre et les plaques ?</i>
3. Le problème de la formation des montagnes et des volcans aériens	48. <i>Et comment est-ce que vous expliquez la formation des volcans ?</i> 50. <i>Oui mais après, par rapport à la lave, tout ça.</i> 85. <i>En fait, où est-ce que vous pensez qu'il y a formation de montagnes ? Parce que, avec le chevauchement des plaques, des fois ça fait un volcan et de l'autre côté, ça fait des montagnes. Mais c'est le même système.</i>
4. Le problème de la formation des séismes	77. <i>Là, vous avez en fait expliqué au niveau du relief terrestre et sous-marin mais en fait, par rapport aux séismes, ça se passe comment ?</i>

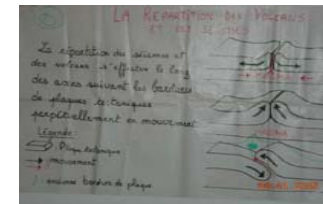
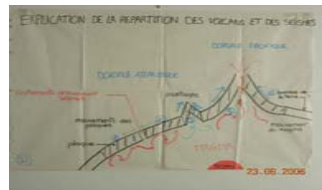
Le problème du « trou » (fin provisoire)

- 508 – Florian : *Si on dit que ça s'écarte, les plaques, vu qu'en dessous, y a que du magma, ça pourra se reformer. Parce que le magma, c'est de la roche en fusion donc en fait le mouvement des plaques, y aurait jamais d'écart entre... entre les plaques.*
- 512 – Florian : *Ben en fait, si on dit que là y a tout plein de magma... les mouvements des plaques par vers là. (inaudible) ça sera plus chaud vers ici, la roche en fusion ça va fondre et ici, au contraire, ça va se refroidir donc ça va reformer en fait de la roche ici. Et donc le mouvement sera continuel.*
- 518 – Florian : *Ben, ça veut dire qu'au fil des années, ben, depuis que la Terre existe, ben, ce mouvement là, ça forme... ça forme de la roche. C'est pour ça qu'il peut pas y avoir d'écart, quoi.*

Les scientifiques	Les élèves
<p>Prise en charge de problèmes géologiques globaux</p> <p>- Confrontations d'idées et investigations empiriques</p> <p>→ Construction et aménagement conjoint d'un modèle explicatif et de contraintes empiriques et théoriques</p> <p>Va et vient entre problèmes globaux et problèmes locaux, va et vient en passé et présent</p> <p>→ La tectonique des plaques</p>	<p>Prise en charge de problèmes géologiques globaux (Explication de la répartition des volcans et des séismes)</p> <p>- Confrontation d'idées et problèmes de trou</p> <p>→ Aménagement du modèle de dérive des plaques; entrée dans une logique de stabilité structurelle dynamique; construction de contraintes théoriques (la Terre conserve son volume)</p> <p>Va et vient entre problèmes globaux et problèmes locaux</p> <p>Besoin de données empiriques (GT)</p> <p>→ De la dérive des plaques à la tectonique des plaques</p>

La démarche d'investigation		
Ecole (moments)	Collège (moments)	Lycée (étapes)
Le choix d'une situation de départ	Le choix d'une situation - problème	Une situation motivante suscitant la curiosité
La formulation du questionnement des élèves	L'appropriation du problème par les élèves	La formulation d'une problématique précise
L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider/invalidier	La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles	L'énoncé d'hypothèses explicatives La conception d'une stratégie ou d'un protocole pour éprouver ces hypothèses
L'investigation conduite par les élèves	L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves	La mise en œuvre du projet ainsi élaboré
	L'échange argumenté autour des propositions élaborées	La confrontation des résultats obtenus et des hypothèses
L'acquisition et la structuration de connaissances	L'acquisition et la structuration de connaissances	L'élaboration d'un savoir mémorisable
	La mobilisation des connaissances	L'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir

Ordre de passage des groupes



Plan de la conférence

1. Les problèmes géologiques pris en charge par les programmes de l'école, du collège et du lycée
2. Le fonctionnement des élèves dans quelques problèmes géologiques
3. Investigation et inscription des élèves dans le cadre théorique de la tectonique des plaques
4. Les problèmes géologiques d'un point de vue anthropique

Les limites de la transformation des problèmes historiques en problèmes fonctionnalistes

Exemples de problèmes historiques	Leur traitement par les scientifiques actuels
La formation de la chaîne Alpine	Problème historique transformé en problème fonctionnaliste (mise en jeu d'un actualisme de 2 ^e niveau)
La formation des <i>trapps</i> du Deccan	Problème historique transformé en problème fonctionnaliste (actualismes de 1 ^{er} et de 2 ^e niveau, catastrophisme de 2 ^e niveau. Analogie avec le volcanisme de point chaud actuel)
La disparition des Dinosaures	<ul style="list-style-type: none"> - Problème historique transformé en problème fonctionnaliste s'il est vu comme un cas de phénomène de crise biologique (actualismes de 1^{er} et de 2^e niveau, catastrophisme de 2^e niveau) - Problème historique s'il s'inscrit dans la compréhension de la prise d'importance des Mammifères à l'ère tertiaire.
L'origine de la vie	- Problème historique : l'apparition de la vie sur Terre est considérée comme une succession d'événements.

Orange Ravachol, D. (2010)

Spécificités de la construction de savoirs géologiques	Difficultés des élèves
<p>En géologie historique:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction de phénomènes via le principe d'actualisme - Construction d'événements lorsqu'il y a centration sur l'Homme. - Construction d'événements très contrôlée 	<p>Les élèves racontent de « petites » histoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ils recourent à un actualisme simpliste et non réfléchi - ils ne distinguent pas phénomène et événement - La construction d'événements relève d'un catastrophisme du sens commun

Tectonique des plaques et démarche d'investigation

Deux tendances à dépasser

1. Aller trop vite du problème à la solution

« dans la connaissance vulgaire, les faits sont trop tôt impliqués dans des raisons. Du fait à l'idée, le circuit est trop court »

(Bachelard, 1938)

2. Réduire le savoir scientifique aux solutions des problèmes

« la connaissance scientifique se dénature lorsqu'elle efface ou oublie les conditions de sa propre production »

(Roqueplo, 1974)

Eléments de bibliographie

- Babin, C. (2005). *Autour du catastrophisme : Des mythes et légendes aux sciences de la vie et de la Terre*. Paris : Vuibert - Adapt.
- Coquidé, M., Fortin C. & Rumelhard, G. (2009). L'investigation: fondements et démarches, intérêts et limites. *ASTER*, 48, 51-78.
- Hallam, A. (1976). *Une révolution dans les sciences de la Terre (de la dérive des continents à la tectonique des plaques)*. Paris : Seuil.
- Le Pichon, X. (1984). La naissance de la tectonique des plaques. *La Recherche*, n°153, mars 1984, 414-423.
- Orange, C. & Orange, D. (2004). Les conceptions des élèves et leur mode de raisonnement en sciences de la Terre. *Géochronique*, 90, 29-32.
- Orange Ravachol, D. (2011). Temps et construction de savoirs scientifiques en SVT. In Coquidé, M. & Prieur, M. (dir.). *Enseigner l'espace et le temps à l'école et au collège : Obstacles, pratiques, outils*. Lyon : INRP. 109-139.
- Orange Ravachol, D. (2009). Construction d'un texte du savoir sur la formation d'une chaîne de montagnes (collège). *Actes des 6èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST*. Nantes, 14-16 octobre 2009. (disponible sur <http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/> , consulté le 30 octobre 2011)
- Orange Ravachol, D. (2007). Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques. *ASTER*, 44, 41-68.
- Orange Ravachol, D. & Beorchia, F. (2011). Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre. *Education et didactique*, vol.5, n°1, 7-27.
- Savaton, P. (2011). Histoire des sciences et enseignement du modèle de la tectonique des plaques. *RDST*, 3, 107-126.

Merci de votre attention

denise.orange@univ-nantes.fr