

Formation et structure des volcans

Une séquence du projet *Quand la Terre gronde*

Résumé

Une activité de modélisation permet aux élèves de comprendre l'origine du cône volcanique (accumulation de matériaux émis lors des éruptions). Une seconde activité de modélisation leur permet de comprendre que la différence de forme des volcans rouges et gris s'explique par une différence dans la viscosité de la lave. Enfin, ils décrivent l'anatomie d'un volcan : cône, cheminée, chambre magmatique.

Séance 1-4 : L'origine du cône volcanique

durée 	1 h 30
matériel 	Pour chaque groupe : <ul style="list-style-type: none">• une paille coudée ou un tuyau flexible• un récipient cylindrique (gobelet, pot à yaourt...)• un carton• de la semoule fine• une vrille (pour percer le récipient) Pour chaque élève : <ul style="list-style-type: none">• une photocopie de la fiche 5 (page 182)
objectifs 	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre l'origine du cône volcanique (accumulation de matériaux émis lors des éruptions)
compétences 	<ul style="list-style-type: none">• Manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter• Exprimer et exploiter les résultats d'une recherche en utilisant le vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral• Inférer des informations nouvelles (implicites)
dominante	Sciences

Question initiale

L'enseignant revient sur la question évoquée à la fin de la séance précédente : « On a vu qu'un volcan avait une forme de cône plus ou moins aplati : comment se forme ce cône ? »

Les élèves travaillent individuellement, et notent leurs idées dans leur cahier d'expériences.

Mise en commun

L'enseignant recueille les différentes hypothèses émises par les élèves. Par exemple :

- le volcan s'est formé à partir d'une montagne préexistante ou d'un amoncellement de pierres emportées par le vent ;
- le cône volcanique résulte d'une déformation du sol sous l'effet d'une poussée exercée vers le haut (confusion avec la formation d'une chaîne de montagnes) ;
- le cône volcanique s'est formé progressivement, par l'accumulation et le refroidissement des matières éjectées lors de l'éruption.

Il encourage les élèves à argumenter pour justifier leurs réponses, et prend à partie le reste de la classe (est-ce possible ? qu'en pensez-vous ? qui est d'accord ?).

La troisième hypothèse est la bonne, comme le montre la suite de cette séance.

Recherche (étude documentaire)

Chaque élève reçoit une photocopie de la fiche 5, qui décrit la formation du volcan Parícutín (1943, Mexique). Ce texte raconte comment un fermier mexicain a vu naître un volcan sur ses terres, avec

d'abord quelques fumeroles, puis des éjections de cendres et de pierres. C'est l'un des seuls volcans du monde dont on a pu suivre en direct la formation.

Les élèves lisent ce texte et y cherchent des indices permettant de répondre à la question posée en début de séance (« Comment se forme le cône volcanique? »).

Mise en commun

L'histoire du Paricutín montre que le cône volcanique se forme par l'accumulation des pierres, laves et cendres rejetées par le volcan.

L'enseignant demande aux élèves d'imaginer une expérience permettant de vérifier que des matériaux éjectés forment un cône en retombant.

Plusieurs pistes sont proposées; on cherche collectivement un matériau qui pourrait convenir (il faut qu'il soit solide, mais aussi qu'il puisse s'écouler). Rapidement, les élèves proposent du sable, du sucre, de la semoule (on se met d'accord sur la semoule, puisqu'on en dispose dans la classe)...

En général, les élèves proposent deux types d'expérience :

- dans la première, il suffit de lâcher la semoule d'une certaine hauteur et d'observer la forme obtenue : c'est un cône;
- dans la seconde, il faut faire sortir la semoule « par en dessous » pour mieux représenter ce qui se passe dans un vrai volcan. Il suffit, pour cela, de souffler dans une paille pour éjecter la semoule. Ci-dessous, on décrit cette seconde expérience (la première n'est pas décrite, mais peut bien sûr être menée en classe!).

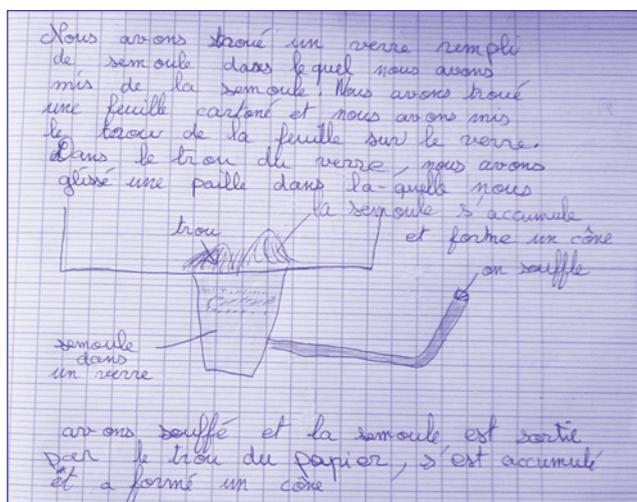
Au cas où les élèves n'auraient pas d'idée, il suffit de leur présenter le matériel disponible : très rapidement, la seconde expérience est proposée.

Modélisation (par groupe)



Le récipient est percé afin d'y introduire la paille. Attention ! il faut le percer « sur le côté, vers le bas », mais pas « en dessous », car sinon la paille se bouche.

Un trou est réalisé sur le carton posé dessus (diamètre : 1 cm). Le pot est rempli de semoule fine, à ras bord ou presque. En soufflant dans la paille, on fait sortir la semoule par le trou du couvercle. En retombant sur le carton, la semoule forme un édifice conique (avec, au centre, un « cratère »).



Classe de CM1-CM2 de Virginie Ligère (Antony)

Note pédagogique

Une vidéo de cette expérience est disponible sur le site Internet du projet (voir page 171).

L'enseignant veille à ce que les élèves fassent bien le lien entre le modèle et la réalité telle qu'elle a été décrite dans le document (fiche 5, formation du Paricutín) : la semoule représente les cendres, les poussières et les roches éjectées par le volcan, le gobelet représente la cheminée du volcan...

Conclusion

L'histoire du Paricutín et la modélisation réalisée par les élèves montrent toutes deux qu'un cône volcanique se forme par l'accumulation des matériaux éjectés par le volcan.

Cette conclusion est rédigée collectivement, et notée dans les cahiers d'expériences.

La modélisation effectuée avec la semoule permet de poser les questions suivantes : « Dans la nature, comment ces matériaux sont-ils éjectés ? Qu'est-ce qui souffle ? ».

Par ailleurs, la typologie des volcans mise en évidence précédemment pose une autre question : comment expliquer que certains cônes sont très étalés, et d'autres pas ?

Ces deux questions vont guider les prochaines séances portant sur le rôle des gaz dissous dans le magma, et sur la viscosité de celui-ci. Elles sont donc écrites sur une affiche afin que l'on puisse s'y référer à nouveau plus tard.

Prolongement

Pour certains élèves, le fait d'utiliser de la semoule dans l'expérimentation peut poser problème (ils pensent à la lave, liquide). On peut alors proposer une autre expérience, très parlante (et qui plaît beaucoup !) : fabriquer un volcan en chocolat.

L'introduction de cette expérience est très simple, il suffit de demander aux élèves quel matériau, qu'ils connaissent bien, est liquide quand il est chaud et devient solide en refroidissant. Le chocolat est proposé immédiatement.

L'expérience peut être menée collectivement, en utilisant une poche ou un sac en plastique qu'on presse pour faire monter le chocolat « par en dessous » (plutôt que le faire couler en le versant par le dessus). Avant de réaliser une coulée, il est nécessaire de laisser refroidir la coulée précédente (1 heure au réfrigérateur). Il est tout à fait envisageable d'effectuer la manipulation en laissant refroidir les coulées à température ambiante ; il suffit alors de l'étaler sur deux journées.

On peut faire varier la viscosité du chocolat en lui ajoutant plus ou moins d'eau. Il faut compter sur une tablette de chocolat par coulée.



Classe de CM1-CM2 de Virginie Ligère (Antony)

Cette expérience permet non seulement de modéliser la formation d'un volcan par superposition de coulées successives, mais également d'approcher la notion de viscosité (cf. séance suivante). Elle modélise très bien la solidification de la lave. En revanche, elle ne permet pas d'évoquer le rôle des gaz, contrairement à la précédente (où l'on souffle dans la paille). Cette expérience avec le chocolat peut donc s'ajouter à la première, mais pas la remplacer. À la place du chocolat, on peut aussi utiliser de la paraffine.

Séance 1-5 : Forme du volcan et viscosité du magma

durée 	1 h 30
matériel 	Pour chaque groupe : <ul style="list-style-type: none"> • les liquides suivants : eau, shampoing, miel • ces mêmes liquides mélangés à de la semoule • d'autres liquides éventuellement (cf. le déroulement de la séance) • une planche en mélaminé, éventuellement percée pour certains groupes Pour certains groupes (cf. le déroulement de la séance) : <ul style="list-style-type: none"> • un chronomètre • une grosse seringue
objectifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprendre que la différence de forme des volcans rouges et gris s'explique par une différence dans la viscosité de la lave (les volcans rouges émettent une lave moins visqueuse que les volcans gris) • Savoir qu'il existe des liquides plus ou moins visqueux (c.-à-d. qui s'écoulent plus ou moins facilement)
compétences 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter • Exprimer et exploiter les résultats d'une recherche en utilisant le vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral
dominante	Sciences
lexique	Viscosité

Question initiale

L'enseignant fait un bilan provisoire : « Nous comprenons l'origine de la forme conique du volcan. Parmi les questions que l'on s'était posées, il y a : pourquoi certains cônes sont plus pentus que d'autres ? ». Cette question est posée collectivement, et donne lieu à une discussion de toute la classe. Les idées qui émergent le plus souvent sont :

- Plus le volcan émet une grande quantité de lave, plus son cône est pentu.
- Plus la lave coule sur une grande distance, plus le cône est étalé (moins il est pentu).

Il demande aux élèves, collectivement, s'ils peuvent imaginer une ou plusieurs expériences permettant de tester ces hypothèses. En cas de difficulté, il peut les guider de cette façon :

- 1^{re} hypothèse : en s'inspirant de la manip réalisée à la séance précédente, il leur montre un cône formé avec de la semoule, et leur demande si le cône sera plus pentu en rajoutant de la semoule. Il leur demande également comment faire pour mesurer cet angle (par exemple, on peut utiliser des « chapeaux chinois »). Cette expérience, très simple et très rapide, peut être menée collectivement, ou par groupes.
- 2^e hypothèse : il leur demande s'ils connaissent des liquides qui s'écoulent très facilement (comme l'eau par exemple), ou plus difficilement (comme le miel). Il leur demande ensuite de réfléchir à une expérience qui pourrait mettre en évidence le fait que certains liquides s'écoulent facilement, et d'autres non. Plusieurs manips sont possibles (voir plus bas).

Pour la seconde hypothèse, le maître leur présente plusieurs liquides de viscosités différentes (au moins : eau, shampoing, miel... auxquels on peut ajouter d'autres liquides comme : ketchup, huile,

peinture, sirop, liquide vaisselle, lait concentré...) ainsi que certains de ces liquides mélangés à de la semoule. Il leur demande de les classer selon la facilité avec laquelle ils coulent. Ce classement est noté dans le cahier d'expériences, et sera confronté aux résultats, en fin de séance.

Recherche (expérimentation)

Les élèves sont répartis en petits groupes. Chaque groupe réalise une expérience permettant de tester l'une ou l'autre des hypothèses évoquées.

La première hypothèse donne lieu à une expérience très rapide à réaliser, qui permet de constater que l'angle du cône reste toujours le même, quelle que soit la quantité de semoule utilisée. La conclusion est alors que la pente du volcan ne dépend pas de la quantité de lave émise.

La seconde hypothèse peut donner lieu à plusieurs expériences différentes (qui peuvent être réalisées successivement ou dans des groupes distincts):



Classe de CE2/CM1 de Magaly Collee et Anne Clémenson (Chambéry)

LES GROUPES	Miel liquide	Shampooing	Céline hydratante	eau	Liquide vaisselle	Miel épais
1 pente = 45°	21,58	16,91	25,75	27 mm	5,8	80 h = 30
2 pente = 55°	19,22	30,88	h = 30	47	3,5	62 h = 30
3 pente = 30°	35,12	17,83	h = 30	2,5	100	plus h = 30
4 pente = 70°	37,0					
5 pente = 30°	26,8					

Classe de CE2/CM1 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

- Dans l'une, on verse un peu de liquide en haut d'un plan légèrement incliné (30° par exemple), et on mesure la distance parcourue par ce liquide en un temps donné (5 secondes par exemple). Cette expérience n'est pas toujours très concluante, car certains liquides s'étalent sur la planche mais ne coulent pas véritablement. Néanmoins, elle est systématiquement proposée par les enfants et mérite d'être testée.

- Dans une autre expérience (qui donne de meilleurs résultats), on verse une quantité (fixe) de liquide sur une surface horizontale, et on observe l'étalement de ce liquide sur la surface: quel est celui qui s'étale le plus?



Classe de CE2/CM1 de Magaly Collee et Anne Clémenson (Chambéry)



Classe de CE2/CM1 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

- Dans une autre, enfin, on modélise la formation d'un volcan en injectant par le bas un liquide à travers une surface horizontale (percée). C'est l'équivalent de la manip de la séance précédente, mais en remplaçant la semoule par le liquide étudié. Le liquide est « poussé » vers le haut par une seringue. Suivant le liquide employé, on va former un cône plus ou moins étalé. Cette expérience est sans doute celle qui donne les meilleurs résultats, et qui a l'avantage de permettre une conclusion immédiate, grâce à sa ressemblance avec un vrai volcan.

Note pédagogique

Comme dans toute expérience, il faut ici ne faire varier qu'un seul paramètre (la nature du liquide), tous les autres étant identiques, en particulier la quantité de liquide versé. On gagnera un temps considérable au cours de cette séance si l'on a préparé à l'avance des petites « fioles » de même quantité pour les différents liquides étudiés, et ce pour chaque groupe.

Note scientifique

Il est important de prendre des matériaux non poreux en guise de surface (horizontale ou plan incliné) pour ne pas que le liquide pénètre: il doit couler. Le même matériau doit être utilisé pour les différents liquides (variation d'un seul paramètre à la fois). Un bon matériau: une planche en mélaminé (bois recouvert d'une couche plastique).

Mise en commun

Chaque groupe désigne un rapporteur qui vient présenter son expérience à la classe entière, ainsi que les résultats obtenus.

- La première expérience (cône de semoule) montre que l'angle d'un tas ne dépend pas de la quantité de grains. De la même manière, ça n'est pas la quantité de lave qui explique la forme des cônes volcaniques
- L'expérience du plan incliné montre que certains liquides coulent moins vite que d'autres: on dit qu'ils sont visqueux quand ils s'écoulent lentement. Le miel est plus visqueux que le shampoing, lui-même plus visqueux que l'eau. En ajoutant de la semoule au miel ou au shampoing, on augmente encore la viscosité.
- L'expérience du plan horizontal montre que les liquides les plus visqueux sont également ceux qui s'étalent le moins. On remarque que les liquides peu étalés forment un édifice plus haut que ceux qui se sont étalés.
- L'expérience du plan horizontal et de la seringue montre que les liquides plus visqueux donnent naissance à un cône plus pentu.

L'enseignant veille à ce que le parallèle soit fait avec les pentes du volcan: les volcans explosifs (gris) émettent une lave plus visqueuse que les volcans effusifs (rouges).

Conclusion

La classe élabore collectivement une conclusion en forme de synthèse, comme par exemple: *Une lave est dite visqueuse quand elle s'écoule lentement. Les volcans rouges émettent une lave moins visqueuse que les volcans gris. Cette lave s'écoule plus facilement, ce qui explique la forme plus « étalée » des volcans rouges.*

Prolongement

Le prolongement de la séance précédente (fabriquer un volcan en chocolat) peut tout aussi bien être mené ici, après cette séance sur la viscosité. Il suffit de demander aux élèves s'ils connaissent un ingrédient qui peut être plus ou moins visqueux en fonction de la température (la température est un paramètre que nous avons ignoré dans cette séance, par souci de simplicité... mais on peut le rajouter sans problème, cela rendra la comparaison avec la lave plus « naturelle »). Le chocolat est immédiatement proposé. On peut réaliser plusieurs petits volcans avec des chocolats de viscosités différentes (en jouant sur la température et la quantité d'eau).

Séance 1-7 : Anatomie d'un volcan

durée 	45 minutes
matériel 	
objectifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître l'anatomie d'un volcan : cône, cheminée, chambre magmatique
compétences 	<ul style="list-style-type: none"> • Exprimer, exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral
dominante	Sciences
lexique	Magma, chambre magmatique, cheminée

Cette séance sert de bilan sur la structure et l'activité d'un volcan.

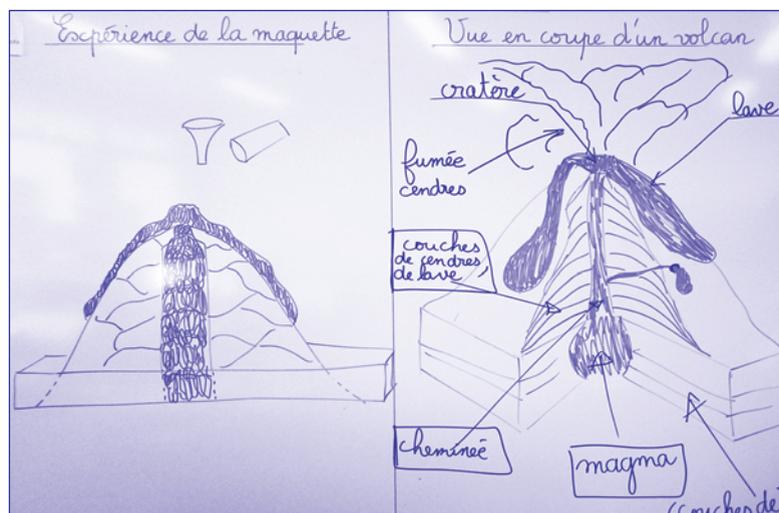
Question initiale

L'enseignant explique que la maquette réalisée précédemment avait pour but de reproduire une éruption. La classe n'a pas cherché à représenter fidèlement l'intérieur du volcan.

Les élèves, individuellement, réalisent donc un schéma en coupe de volcan, tel qu'ils se le représentent.

Mise en commun

L'enseignant compile les différents schémas au tableau, et demande aux élèves de les comparer (points communs et différences). Cette comparaison permet de mettre en évidence les éléments qui doivent être présents sur un schéma de volcan (cf. ci-après).



Classe de CE2/CM1 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

Il reproduit au tableau le schéma de la maquette réalisée lors de la séance précédente et dessine, à côté, un volcan en coupe, en nommant ses différents éléments: cône, cratère, cheminée, chambre magmatique, magma, lave, cendres...

Une fois ce schéma terminé, la classe retrace le déroulement d'une éruption. Pour faire ce bilan récapitulatif, le maître guide les élèves par des questions du type :

- D'où vient la lave?
- Comment sort-elle?
- Par où sort-elle?
- Que devient la lave qui est sortie?
- Comment se forme le cône volcanique?
- Etc.

La naissance d'un volcan : le Paricutin

Dioniso Pulido était un paysan mexicain, propriétaire d'un champ situé non loin du village de Paricutin, à environ 320 kilomètres à l'ouest de Mexico.

Un beau jour de l'été 1942, alors qu'il cultivait du maïs, il découvrit dans son champ un gros trou d'un mètre cinquante de profondeur. Malgré la surprise, Dioniso ne s'inquiéta pas pour autant et poursuivit son activité.

Dioniso continua ainsi de travailler ses terres jusqu'au 20 février 1943, où, après avoir entendu des grondements provenant de la terre, il aperçut au milieu de ses sillons une fissure longue de quelques dizaines de mètres qui laissait s'échapper de la cendre. Les habitants du village voisin de San Juan Parangaricutiro avaient eux aussi ressenti ces grondements ainsi que des petits tremblements de terre.

En arrivant dans son champ le lendemain matin, Dioniso Pulido découvrit un cône d'une dizaine de mètres de hauteur. Quelques heures plus tard, après de nombreuses explosions, le cône mesurait près de 30 mètres de haut et de la lave commençait à couler de ce nouveau volcan qui venait de naître, à qui fut donné le nom du village voisin : Paricutin.

Les jours suivants, le volcan continua de croître : 106 mètres en une semaine, 148 mètres en un mois, 190 mètres en trois mois, pour atteindre 336 mètres au bout d'un an.

Pendant ce temps, le Paricutin rejetait des cendres et des coulées de lave.

En juillet 1944, l'une d'elles détruisit le village de San Juan Parangaricutiro en recouvrant toutes les maisons. Seule une partie de l'église fut épargnée. Les personnes furent évacuées, y compris en septembre 1944, lorsque le village de Paricutin fut enseveli par les cendres et la lave.



Les éruptions se sont poursuivies pendant encore huit ans. En mars 1952, après neuf années d'éruption, le cône du Parícutin mesurait alors 424 mètres.

Cette ressource est issue du projet thématique *Quand la Terre gronde*, paru aux Éditions Le Pommier.



Un projet novateur d'éducation au développement durable (EDD)
L'explosion démographique et la colonisation de nouveaux espaces ont considérablement augmenté l'exposition des populations aux aléas naturels. La prolifération de mégapoles à l'urbanisme souvent mal maîtrisé a dans le même temps accru la vulnérabilité de nos sociétés face à la catastrophe. Bien qu'encore peu représentée, l'éducation aux risques est une composante indiscutable de l'éducation au développement durable. Elle consiste à apprendre aux enfants à vivre avec les risques de la façon la plus responsable possible, à leur donner une culture du risque et une compréhension des aléas et des enjeux, afin qu'ils puissent adopter un comportement adapté.

Un projet clés en main
Ce guide pédagogique se propose d'initier les élèves de cycle 3 aux risques naturels et à leur prévention au travers d'une démarche pluridisciplinaire qui comporte une large part de sciences et épouse la philosophie éducative de *La main à la pâte*. Il peut s'agir du risque lié aux volcans, aux séismes ou aux tsunamis, des phénomènes souvent très médiatisés mais peu étudiés à l'école. Il peut aussi s'agir d'un risque plus ancré localement (inondations, tempêtes, feux de forêt...) et donc *a fortiori* plus ancré dans le quotidien des élèves. Les deux approches sont complémentaires. Le projet comporte :
– Un module d'activités de classe (4 séquences indépendantes + des fiches documentaires à exploiter en classe),
– Des éclairages pédagogique et scientifique pour le maître,
– Des situations d'évaluation par compétences pour chacune des séquences proposées. Un site Internet dédié (www.quand-la-terre-gronde.fr) propose de nombreuses ressources documentaires complémentaires.

Les auteurs
David Wilgenbus (coord.) est membre de l'équipe *La main à la pâte*, dont il coordonne la production et la diffusion des ressources pédagogiques auprès des enseignants. Professeur des écoles, formateur, Cédric Faure est responsable du centre pilote *La main à la pâte* de Pamiers (Ariège). Expert de la prévention des risques, Olivier Schick dirige l'association Prévention 2000.

la main à la pâte®

Lancée en 1996 par Georges Charpak, prix Nobel de physique, avec le soutien de l'Académie des sciences et du ministère de l'Éducation nationale, *La main à la pâte* vise à promouvoir à l'école primaire un enseignement de science et de technologie de qualité : <http://www.lamap.fr>

Avec le soutien de :

ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse
FONDATION La main à la pâte
casden BANQUES POPULAIRES
esa universcience Prévention2000

imprimé sur du papier certifié FSC

090602 19 €
9 782749 50602C
Dulicaou Belin

Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE