



**HAL**  
open science

## Volcan islandais Eyjafjöll : mais où vont les particules ?

Paul Vigneaux

► **To cite this version:**

Paul Vigneaux. Volcan islandais Eyjafjöll : mais où vont les particules ?. Images des Mathématiques, 2010, <http://images.math.cnrs.fr/Volcan-islandais-Eyjafjoll-mais-ou.html>. hal-00572394

**HAL Id: hal-00572394**

**<https://hal.science/hal-00572394>**

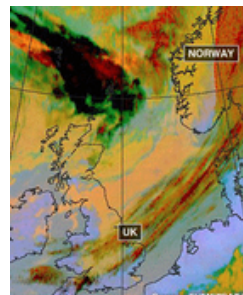
Submitted on 1 Mar 2011

**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.

# Volcan islandais Eyjafjöll : mais où vont les particules ?

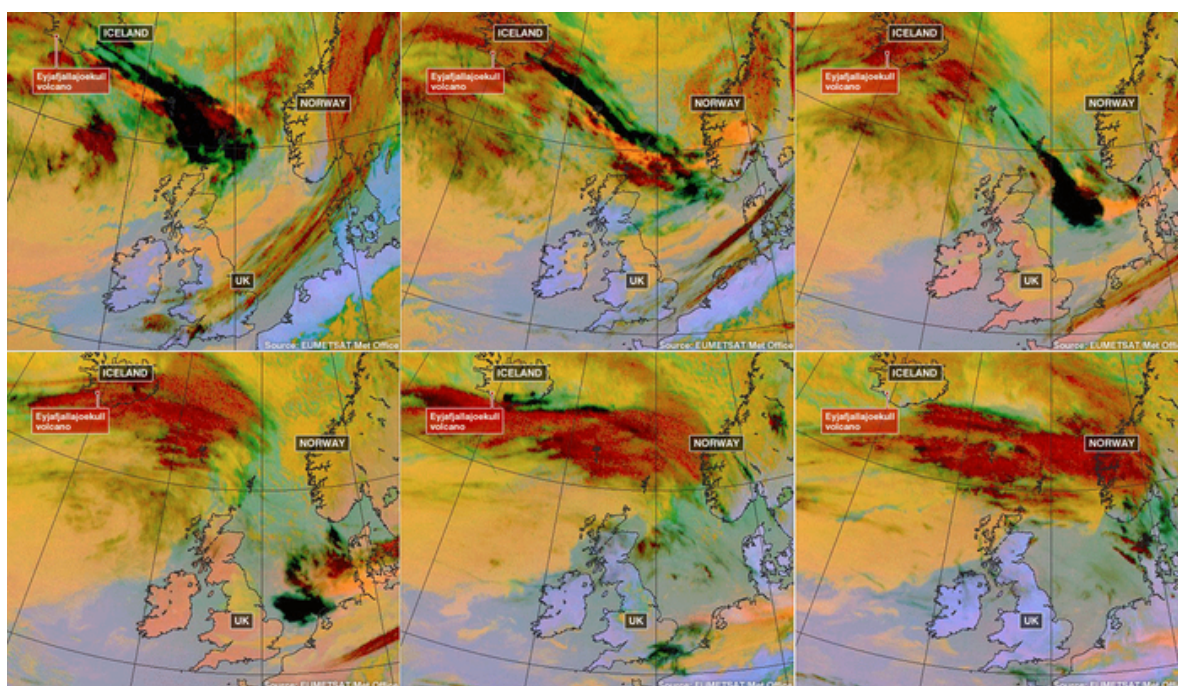
Le 19 avril 2010, par **Paul Vigneaux**  
Maître de conférences ENS Lyon ([page web](#))



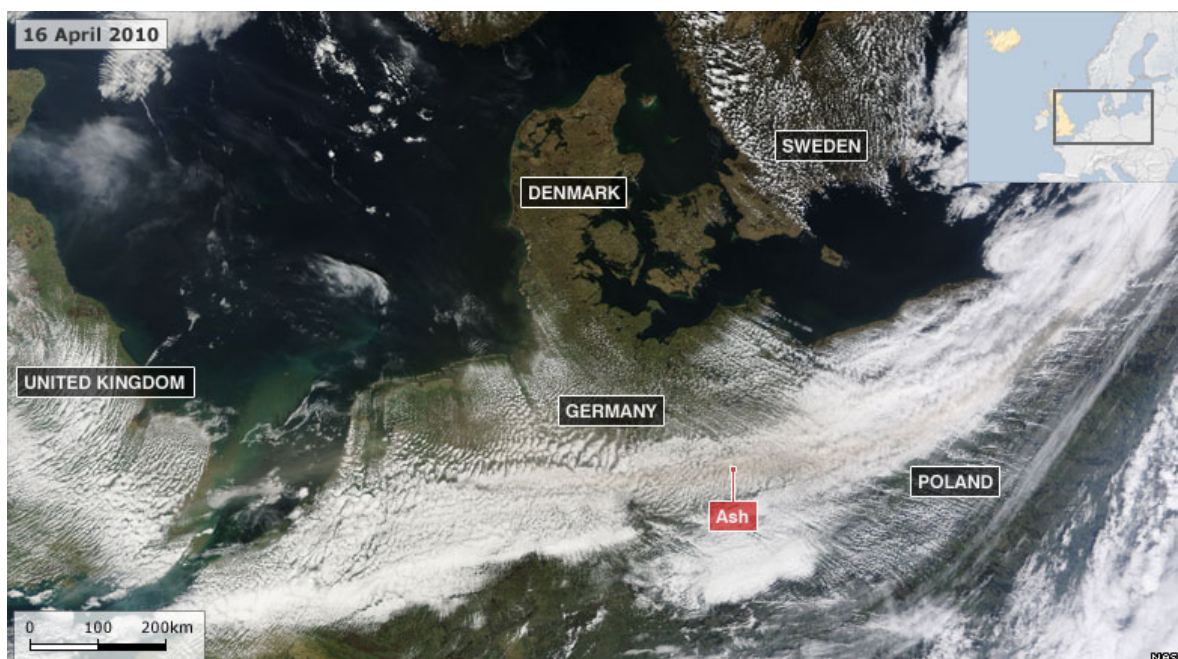
**N**OUS entendons ce matin à la radio qu'il devait y avoir une erreur dans les modèles mathématiques (en fait dans LE modèle, britannique, décrié par les journalistes), puisque les vols d'essais menés par plusieurs compagnies aériennes semblent avoir laissé les moteurs dans un état intact.

Nous allons essayer de décrypter cette affirmation.

Depuis quelques jours, nous pouvons consulter sur la toile des images satellites de la progression des cendres dans l'atmosphère (Source : **Met Office**).



*Le nuage apparaît sur ces images satellite en noir puis rose et rouge. Les éruptions successives dégagent des cendres qui se mélangent dans l'atmosphère avec des nuages de glace d'épaisseurs différentes. Les images se lisent de gauche à droite puis de haut en bas aux temps respectifs : 9:30, 15:30, 21:30 GMT le 15 avril, 3:30, 9:30 et 15:30 GMT le 16 Avril 2010. Source : EUMETSAT/Met Office.*



Une image satellite montrant l'étendu du nuage (couleur brique), le 16 Avril 2010. Source **BBC/NASA**

Notons au passage que les météorologistes britanniques sont reconnus comme faisant partie des meilleurs au monde (mentionnons, par exemple, que le centre européen de météorologie (**ECMWF**) se situe à Reading, près de Londres). Nous pouvons donc avoir une assez bonne confiance dans le travail qu'ils effectuent.

Par ailleurs, et il convient ici de bien faire la différence, nous pouvons aussi observer des cartes prévisionnelles (calculées avec un modèle) de la progression des particules de cendre éjectées par le volcan.



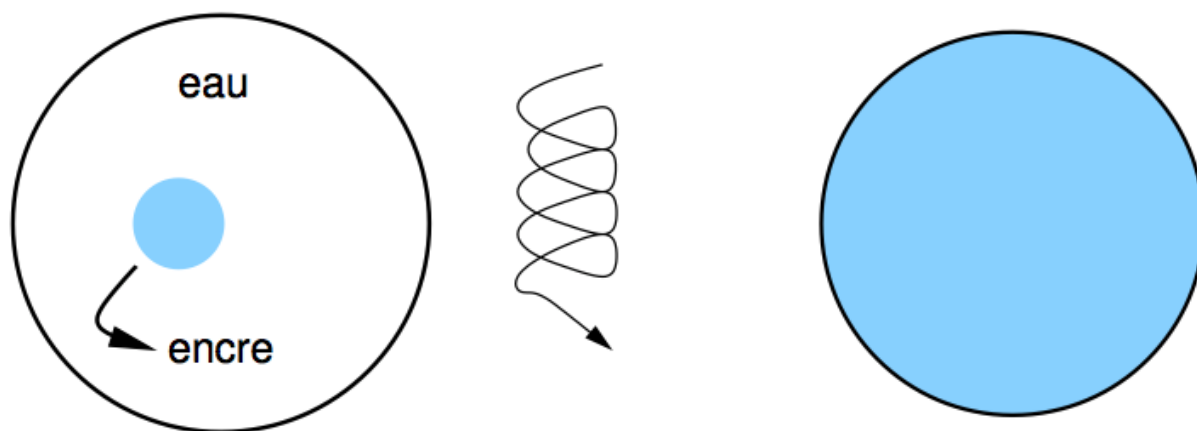
Prévision de la présence de cendre jusqu'à 20 000 pieds pour le 19 Avril à 0:00 (surface remplie en beige) et 6:00 GMT (surface délimitée par le trait épais marron). Source : **Met Office**.

Dans ce qui suit, nous allons faire une description assez simple des concepts contenus dans ces modèles, (bien sûr, un nombre certain d'approximations sera fait implicitement et les spécialistes pourront s'élever contre elles, mais l'on souhaite rester ici le moins technique possible) en gageant toutefois qu'elle reflète assez bien ce qui est effectué en pratique.

Le modèle mathématique utilisé est de la forme suivante : il décrit, à l'aide d'une équation que nous n'écrivons pas, l'évolution de la concentration de particules dans l'espace et dans le temps. Autrement dit, il peut nous dire à quel endroit et en quelle quantité se trouve les particules éjectées par le volcan (noté, la source, dans ce qui suit), à divers instants (disons  $T_0, T_1, T_2$ , etc) . Avec les mains, nous pouvons dire que :

$$\begin{array}{l} \text{variation en} \\ \text{temps de la} \\ \text{concentration} \end{array} = \begin{array}{l} \text{déplacement} \\ \text{induit par} \\ \text{le vent} \end{array} + \begin{array}{l} \text{diffusion des} \\ \text{particules} \end{array} + \begin{array}{l} \text{source du} \\ \text{volcan} \end{array}$$

Précisons quelques points. Nous rappelons que la concentration dépend de l'espace et du temps (penser au nuage de particules qui se déplace sur les images précédentes). L'un des moteurs qui fait se déplacer la concentration est bien sûr le vent qui souffle dans l'atmosphère. La source n'est rien d'autre que le "robinet" qui alimente l'atmosphère en particules. Le terme de diffusion est celui qui demande peut être une explication : il peut se comprendre avec l'exemple d'une goutte d'encre dans un verre d'eau :



si on dépose une goutte d'encre en un point, elle va se propager (si l'on agite le liquide, la progression sera plus rapide) dans tout l'espace qui la contient. Ce phénomène s'applique aussi (en 3 dimensions et non en 2 comme sur le dessin) aux cendres que le volcan "dépose" dans l'atmosphère, à la différence que le flux est ici continu dans le temps (il n'est pas déposé qu'une seule "goutte" de cendre).

Comme pour tout modèle, il contient des paramètres. Brièvement, il existe un paramètre qui décrit la capacité plus ou moins rapide des particules à se répandre dans le milieu ambiant (on parle d'un coefficient de diffusion), de plus, il faut connaître la vitesse du vent dans l'atmosphère (ici, on peut se servir des mesures réelles, ou utiliser des vitesses calculées par un autre modèle (cf. l'[article](#) d'Isabelle Gallagher)) et enfin, il faut donner une condition initiale au modèle, c'est-à-dire l'état de la concentration à l'instant  $T_0$  pour que la simulation possède une quantité qu'elle fera ensuite évoluer grâce à un calcul sur ordinateur. Avec une même équation, il est clair que si les paramètres sont différents, les solutions prévues par le calcul seront donc différentes.

On peut ainsi dire que **le modèle mathématique**, en terme d'équations (c'est-à-dire en terme de la compréhension des phénomènes prépondérants qui pilotent l'évolution de la concentration des particules) **est raisonnablement juste**. En revanche, **il est souvent difficile d'en déterminer précisément les paramètres** (pour de nombreuses bonnes raisons que nous ne décrirons pas dans ce billet [1]) et c'est ce qui explique que les simulations/prévisions peuvent être différentes.

Quoi qu'il en soit, il est aussi raisonnable de penser qu'au niveau européen les météorologistes et leurs collègues travaillent en commun et que les prévisions de la position des cendres du volcan sont relativement homogènes d'un centre à l'autre (Met Office, Météo France, etc). Un autre élément qui est, de surcroît, à prendre en compte est le "critère de sûreté" adopté pour les autorisations de vol. Le calcul donne la position mais aussi, **la quantité** de particules. Donc si les critères se basent sur des quantités maximales de cendres, tolérées par les moteurs, différentes, il peut aussi en découler des autorisations de vols distinctes suivant le lieu géographique.



---

*P.S. :*

Nous pouvons quand même, juste pour le plaisir des **yeux**, écrire l'équation aux dérivées partielles correspondant à la description ci-dessus :

$$\partial_t c(x, t) = v(x, t) \nabla c(x, t) + \nabla \cdot (d \nabla c(x, t)) + f(x, t).$$

Le coefficient de diffusion est  $d$ , les mouvements atmosphériques apparaissent dans  $v$  et la source constitue le  $f$ . Les dépendances en espace et en temps se lisent dans les arguments  $(x, t)$  (que l'on aurait pu d'ailleurs aussi attribuer à  $d$  si la nature du conglomérat de cendres change au cours du temps).

## Notes

[ **1** ] mais qui, notons-le, sont à l'origine de recherches mathématiques actuelles et variées

### Crédits images

Pour citer cet article : **Paul Vigneaux**, **Volcan islandais Eyjafjöll : mais où vont les particules ?**. *Images des Mathématiques*, CNRS, 2010. En ligne, URL : <http://images.math.cnrs.fr/Volcan-islandais-Eyjafjoll-mais-ou.html>