

Point sismologique au Japon – Avril 2011
Sébastien Hok, Aloé Schlagenhauf, Audray Delcamp

*Document diffusé par l'association Sciencescope avec l'aimable autorisation de ses auteurs.
<http://www.sciencescope.org>*

Bonjour,

Un petit point INFO SISMO pour les curieux.

En tant que sismologues, travaillant encore pour un temps à Tsukuba, en Ibaraki, dans 2 instituts de recherche et de développement en sismologie et protection contre les risques naturels, il nous semblait pertinent et nécessaire de réagir à ce moment, car le séisme de lundi 11 avril 2011 à semble-t-il généré une surprise et des inquiétudes.

Cordialement,

Sébastien HOK - Sismologue au NIED, Tsukuba
Aloé SCHLAGENHAUF - Paléosismologue à l'AFERC-AIST, Tsukuba
Audray DELCAMP - Volcanologue au GSJ-AIST, Tsukuba

1) Nous vous proposons de consulter un document publié sur le site de du NIED résumant les connaissances des sismologues sur le grand tremblement de terre du 11/03/2011, et analysant les différentes observations faites en lien avec ce tremblement de terre.

<http://www.bosai.go.jp/e/>
(preliminary report dans la rubrique "What's new")

L'information sur le séisme du 11/03/2011 et ses suites y sont détaillées avec le plus grand soin en regard des connaissances actuelles (meilleur niveau mondial). Rien n'est occulté, les interprétations sont basées sur des faits. Les risques futurs y sont exposés et commentés.

Dans la partie 8, qui parle des risques de déclenchement, il est notamment écrit que l'on ne saurait prévoir l'évolution de la situation concernant les volcans. Il faut, comme à l'habitude, les surveiller attentivement. C'est le travail quotidien des volcanologues japonais. Il n'y a donc pas lieu d'anticiper des éruptions aujourd'hui. Une éruption du Fuji a eu lieu dans le passé (1707) à la suite d'un grand tremblement de terre, mais ce dernier était très proche du Fuji. Ce n'est pas le cas aujourd'hui. Dans tous les cas, une éruption est généralement bien anticipée (voir détails ci-dessous partie 4).

Il est aussi écrit que le point le plus préoccupant concernant les séismes futurs est probablement la situation à l'est de Chiba (Boso Hanto), car il n'y a pas eu de gros séisme depuis longtemps sur cette partie de la subduction (XVIIe s.). C'est le contact entre la plaque Pacifique et la plaque Philippine qui se trouve à cet endroit, comme dans le cas du séisme du 11/03. La plaque Pacifique pousse sous la plaque Philippine. Le tremblement de terre du 11/03 a augmenté les contraintes et les pressions dans les roches sur cette extrémité sud. Paradoxalement, en réaction à cette augmentation, un déplacement non-sismique très grand se produit actuellement depuis le 11 mars à l'est de la préfecture d'Ibaraki. Les contraintes y sont donc relâchées sans produire de secousse. Ce type de mouvement asismique a déjà été observé par le passé à l'est de la péninsule de Boso. Il est impossible de prévoir si le déplacement se produira de façon brutale (séisme) ou progressive (non-sismique) à l'est de la péninsule de Boso, ni quand.

La situation aux limites de la plaque Philippines-Honshu ne pose pour l'instant pas plus de problèmes qu'auparavant. La plaque Philippine s'enfonce sous Tokyo à l'est d'Izu et sous Shizuoka à l'ouest d'Izu. Elle n'a pas bougé pendant le séisme Mw9 de Tohoku du 11/03/2011 (qui n'a concerné que la limite de plaque entre Pacifique et Nord-Honshu). Il faut savoir que dans cette région "Tokyo-Kanto"

où 3 plaques se superposent (plaque Phillipine au Sud, Pacifique à l'Est, et plaque supérieure Honshu), il est extrêmement difficile de calculer les changements de contraintes tectoniques suite au séisme de Tohoku. Nous ne pouvons pas dire si le risque de séisme sur la plaque Phillipine est augmenté, diminué ou stable suite au séisme de Tohoku. Rappelons qu'au 20ème siècle, à l'est d'Izu, la moitié ouest de cette interface Phillipine/Honshu a rompu en 1923 (séisme du Kanto, Mw 7.9), mais pas la partie Est (Péninsule de Boso), où le dernier séisme majeur date de 1703 (Genroku). C'est donc cette fois la subduction au sud de la péninsule de Boso qui est concernée.

La situation est telle autour de la péninsule de Boso (Chiba) qu'un séisme de magnitude 8 est à envisager très sérieusement dans le futur. Ce type de risque était connu bien avant le séisme de Tohoku, mais il a peut-être augmenté. C'est une hypothèse raisonnable. Il convient donc de rester vigilant dans le Kanto dans les prochains jours, mois à années qui viennent, car un tel séisme serait beaucoup plus violent dans le Kanto que ne l'ont été les récentes secousses.

De forts séismes sont aussi à craindre à l'intérieur de l'île de Honshu, comme cela a déjà été le cas ces dernières semaines.

Rappelons que la sismologie est une science très récente. Les observations physiques sont peu nombreuses et donc les modèles, c'est-à-dire les hypothèses, sont sans cesse remises en cause par les nouvelles observations. L'une des hypothèses couramment admise est qu'une zone qui n'a pas connu de séisme récemment devra en connaître un rapidement pour rattraper son retard. C'est cette hypothèse qui fait craindre un séisme dans le Tokai depuis les années 70, mais ce séisme n'est pas encore arrivé. Gardez donc à l'esprit que les "prédictions" sismologiques ne sont que des hypothèses. Parce que les forces et le temps qui rythme la vie de la Terre nous dépassent largement, nous devons rester modestes, et modérés.

Par la suite, si vous avez encore des questions, nous sommes volontiers disposés à y répondre, dans la limite de nos connaissances.

Vous pouvez aussi nous consulter si vous désirez vous exprimer sur le sujet.

L'idée étant de vous permettre une lecture plus sereine de la quantité d'information de nature "sismologique" auquel nous faisons face.

Lorsque vous ressentez un séisme, vous pouvez consulter :

<http://www.hinet.bosai.go.jp/> (en japonais, infos scientifiques : type de faille, magnitude) mise à jour instantanée.

http://www.jma.go.jp/en/quake/quake_local_index.html (en anglais, intensité max, carte d'intensité) mise à jour au bout de quelques minutes.

=> et la télé, qui relaie rapidement les cartes d'intensité, épiceutre, magnitude, alerte tsunami..

Pour info, l'échelle d'intensité japonaise :

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/shindokai.html>

Enfin, pour compléter votre prise d'informations, nous vous suggérons :

Dans le même registre explicatif, en français (mais sans figures), l'article paru dans Pour la Science n°403 :

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/ff/fiche-article-le-megaseisme-de-subduction-du-japon-26827.php

La page Web dédiée de l'INSU (CNRS)

http://www.insu.cnrs.fr/co/view_ept_dossier/278

Les explications sur le site de l'Isterre de Grenoble

<http://isterre.fr/article482.html>

Le site de l'Université de Tokyo

http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/eng/

avec des conseils sur "comment se préparer"

http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/bou_topic/jisin/jisin_10point-eng.pdf

http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/bou_topic/jisin/jisin_10sonae-eng.pdf

La carte des failles actives à terre connues au jour d'aujourd'hui (interface Google maps):

http://riodbdev02.ibase.aist.go.jp/activefault/index_e.html

(cliquer sur "Search for behavioral segments" dans les onglets de gauche;

vous verrez que tout le Japon est concerné!)

2) Quelques points que nous voudrions souligner, pour aider au décryptage médiatique :

- La **magnitude** est une mesure de la taille d'un séisme. Elle sert aux scientifiques pour comparer les séismes entre eux. Pour faire simple, elle nous indique l'importance de la zone touchée, la taille de la faille rompue, et la force des ondes émises. Il existe différentes échelles de magnitude. D'où les différences de chiffres. Au Japon, on va utiliser la *Mj*, qui est une magnitude dite locale, qui sert à classer les séismes japonais entre eux. On utilise aussi la magnitude d'énergie *Mw*, notamment l'USGS. C'est un standard international. Ce sont toutes des "échelles ouvertes de Richter", comme nous le répètent les journalistes sans trop comprendre. Cela signifie que ce sont des échelles logarithmiques. Lorsque la *Mw* augmente de 1, l'énergie est multipliée par 30 environ !

- L'**intensité** est une mesure de l'effet des vibrations. Plus les vibrations du sol sont fortes localement, plus l'intensité est grande. Il y a plusieurs échelles d'intensité. Au Japon, l'échelle qui est utilisée couramment est celle de la *JMA*. Elle comporte 9 degrés, de 1 à 7 (le 5 et le 6 étant divisés en 2 niveaux). Les ondes émises par la faille qui casse se propagent dans la terre, et viennent déplacer le sol sous vos pieds. Lors de la propagation l'onde perd de son amplitude, elle s'atténue. C'est le même phénomène que subit par le son dans l'air. En conséquence, plus vous êtes proche de la source du tremblement de terre, la faille, plus vous risquez de sentir une forte intensité. Les médias japonais communiquent cette information, qui est la plus utile pour se rendre compte des effets d'un séisme. Pour un séisme, il n'y a qu'une seule magnitude, mais l'intensité, elle, varie sur la carte.

- L'**épicercent**. On marque toujours un séisme sur la carte par un point. C'est l'épicentre. On lui donne aussi une profondeur. Parfois cette localisation est complètement approximative, mais le journaliste ne le sait pas, et annoncera sobrement un séisme à "25.7 kilomètres de profondeur selon l'institut américain USGS". Le journaliste lit en fait une dépêche AFP, recopiée d'un email automatique (que vous pouvez aussi recevoir). Souvent la profondeur est mal estimée par l'USGS, pour des raisons techniques, l'incertitude est par exemple de +/-10km. La précision des 0.7 kilomètres fait donc sourire.. Les profondeurs annoncées sur le site de la *JMA* sont mieux calculées car le réseau de stations est local au Japon. L'épicentre marque le point de départ des ondes, mais aussi le point de départ de la rupture de la faille. Sur une carte, jusqu'à une magnitude de 6 environ, ce point représente bien la localisation du séisme en totalité. Mais lorsque la magnitude annoncée est plus grande, la faille, c'est à dire la zone rompue dans la terre, s'étend souvent sur plusieurs dizaines de kilomètres, voire plusieurs centaines pour un séisme de magnitude 9. L'épicentre n'est alors pas une bonne représentation du séisme, ni en terme de localisation sur la carte, ni en terme de profondeur. La détermination de la zone totale ayant rompu n'est pas automatique. On peut s'en donner une idée par la distribution spatiale des mesures d'intensité. Par exemple pour le séisme du 11/3/2011, des intensités très fortes (similaires à celles mesurées en *Iwate*) ont été ressenties jusqu'en *Ibaraki*. On pouvait donc en déduire rapidement que la taille du séisme allait de *Iwate* à *Ibaraki*. Dans ce cas donc, l'épicentre n'est que le point de départ des foyers de secousses, qui ont en fait été émises tout le long d'une zone allant de *Iwate* à *Ibaraki*. Rien à voir donc avec l'épicentre.

- Le **tsunami**. La taille de la vague dépend essentiellement de la quantité d'eau déplacée à proximité directe (et donc du déplacement du fond marin). Elle est très difficile à évaluer rapidement. On donne donc des alertes assez imprécises... Typiquement il y a 3 niveaux : jaune - 0.5 mètres (négligeable); orange - moins de 2 m ; rouge - vague de plus de 3 m. Un niveau orange est inquiétant pour un promeneur sur une plage. Un niveau rouge pour un port... Comme on ne sait pas évaluer rapidement l'étendue de fond sous marin qui a été soulevé, ni son amplitude, on donne ces marges relativement grandes aux alertes (l'alerte pour le 11/3/2011 était rouge pour l'intégralité de la côte est japonaise, des *Ryukyus* à la pointe nord d'*Hokkaido*). Les alertes sont donc heureusement souvent de fausses alertes... et les japonais ne les écoutent que d'une oreille légère. Le 11 Mars dernier, *heureusement*, la violence du séisme et l'éducation des gens a fait comprendre à un grand nombre que le danger était réel.

- Les **répliques**. On parle de réplique à chaque nouvelle secousse suivant un tremblement de terre. À cause de la taille exceptionnelle du séisme du 11/03 (le 4e plus gros séisme par la taille jamais enregistré dans le monde, c'est à dire depuis un siècle - seulement), de nombreuses répliques ont eut lieu, dont seules les plus grosses ont été ressenties. Du point de vue scientifique, il y a deux types de répliques : les "vraies" répliques, qui se produisent autour de la zone qui a rompu, ici la subduction pacifique sous Honshu lors du tremblement de terre du 11/03, et les "séismes induits", qui eux se

produisent sur d'autres structures de failles présentes dans la croûte terrestre. Pour n'importe quel séisme se produisant sur le globe, les vraies répliques sont généralement de plus faible taille que le séisme principal, et leur nombre décroît rapidement. Elles témoignent d'une relaxation de la faille rompue et d'un retour à un état stable. Les séismes induits sont eux provoqués par une déstabilisation significative tout autour de la zone touchée par le grand séisme. Cette distinction entre les 2 types de répliques n'est jamais faite dans les médias. En soi cela n'est pas très important, car toutes les répliques sont des séismes, mais il faut bien comprendre que les séismes induits peuvent tout-à-fait se produire à terre, loin de la côte, dans l'île de Honshu, comme cela a déjà été le cas le 11/03 dans la région de Nagano, le 15/03 dans la région du Mont Fuji, et par exemple lundi dernier 11/04 dans les montagnes proches de la limite Ibaraki/Fukushima. Ces nouveaux séismes à terre ont été forts (intensité 6 localement) et possèdent leur propres répliques. Il peuvent être dangereux localement, et montrent que l'on ne doit pas se croire à l'abri des séismes lorsque l'on habite loin de la côte dévastée le 11/03. Compte tenu de la taille exceptionnelle du séisme du 11 mars, la durée pendant laquelle l'on doit s'attendre à des répliques se compte en dizaines de mois. Pour la même raison, la taille des répliques peut être exceptionnellement grande (Magnitude 8?).

- **Prédictions.** On ne peut pas prédire les séismes avant qu'ils n'arrivent. Toutes les recherches en ce sens ont pour l'instant échoué. Des alertes peuvent toutefois être données dès que l'onde qui porte la secousse du séisme est détectée par les instruments de mesure du mouvement du sol. Cette secousse se propage (telle une onde à la surface de l'eau) à la surface de la Terre, à 3km/s environ. C'est beaucoup plus lent qu'un message électronique. Par conséquent, il est possible de donner l'alerte aux zones éloignées afin de les prévenir de l'imminence de l'arrivée de la secousse. Ce système d'alerte fonctionne admirablement bien, et le Japon est le pays modèle pour cela. Cela permet de limiter énormément les dégâts (arrêt des trains, des centrales nucléaires, etc.).

Les sismologues font des cartes de risque sismique à long terme, qui par définition ne prédisent pas les dates des séismes à court terme. De plus, ces cartes sont le reflet de nos connaissances scientifiques actuelles, qui sont partielles. Ces connaissances limitées conduisent malheureusement parfois à une sous-estimation du risque, comme pour ce Mw9 du 11/03/2011 ! (Notez qu'on ne fait pas pour l'instant de carte de prévision des hauteurs de vagues de tsunami, mais seulement des mouvements forts du sol)

La meilleure protection est la qualité des bâtiments. Les bâtiments japonais sont exceptionnellement résistants. Depuis 1981, les maisons particulières en bois ont des normes de construction parasismiques, et depuis le tremblement de terre de Kobe (1995), de nombreux bâtiments et infrastructures ont été renforcés.

- Le tremblement de terre du Kanto de 1923 (subduction au sud de Kamakura)

La reproduction de ce type de séisme est crainte par beaucoup d'habitants de Tokyo. Le chiffre de 200.000 victimes fait peur, mais il faut savoir que ce bilan est lié principalement aux incendies massifs qui se sont répandus dans les villes de la région à la suite du séisme. On peut douter d'un tel scénario aujourd'hui, même si l'augmentation de la population fait peser d'autres risques. La secousse a été estimée à 6 en intensité JMA. De nombreux bâtiments en bois se sont écroulés, puis enflammés. On pense que moins de 10% des maisons sont tombées du fait de la secousse à Tokyo, entre 10-50% dans la région de Yokohama, et jusqu'à plus de 50% à proximité du séisme, vers Kamakura et Tateyama.

Le niveau de protection actuel des bâtiments pourrait éviter la reproduction d'un tel scénario.

- Le scénario de tremblement de terre du Tokai (subduction au sud de Shizuoka)

Ce scénario est communément appelé "Big One". C'est un scénario de séisme en subduction envisagé dans la région de Shizuoka, pour lequel des mesures préventives spéciales ont été prises.

un article polémique paru la semaine dernière dans Nature:

Shake-up time for Japanese seismology by Robert J. Geller

<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature10105.html>

3) Nos conseils de bon sens (pour celles et ceux résidant au Japon, ou qui souhaitent s'y rendre dans un avenir proche) : préparez vous.

En l'état actuel des connaissances scientifiques, on ne peut pas affirmer que le risque sismique est plus fort ou moins fort qu'avant, car encore faudrait-il savoir dire où. Il convient simplement de rester vigilant, car si l'activité sismique ressentie est de moins en moins forte, des reprises par à-coup sont très probables pendant quelques mois encore (quelques années si l'on se base sur l'exemple de Sumatra). Les très fortes répliques sont tout-à-fait normales et devraient se produire de temps en temps. Le contraire serait surprenant.

C'était le sens de la communication de la JMA dans les jours qui ont suivi le séisme du 11/03. Cela avait en partie déclenché la recommandation de l'ambassade de s'éloigner du Kanto.

Au vu de ce risque, il convient pour tous les résidents du Japon, et spécialement ceux qui habitent dans l'est d'Honshu (à partir du Kansai) jusqu'à Hokkaido, de s'attendre à de forts séismes, possiblement associés à des tsunamis, pendant les jours, mois, années qui viennent. Vous devez en être conscients et prêts matériellement et psychologiquement à y faire face.

Ce risque a toujours été celui du Japon, mais il est aujourd'hui empreint d'images dures, d'émotions et de traumatismes.

Alors que nous voulons tous passer à autre chose, et retourner à la vie normale, il convient aujourd'hui de tirer parti de l'expérience vécue, pour nous préparer sereinement à la suite. Le lieu et la date du prochain fort séisme ne sont pas connus. Il pourra frapper en mer, à terre, proche d'une grande ville, ou bien dans une région moins peuplée.. Son impact en dépendra. Profitez du temps qui passe, et qui joue pour nous, pour analyser votre préparation à une autre secousse, voire une autre catastrophe. Cela peut arriver demain, dans un mois, dans un an, dans 10ans, dans 100ans. Ne repoussez pas une bonne idée que vous auriez eu hier en vous disant que vous avez le temps, que ça n'arrivera pas (Même si on le souhaite tous!!). Par exemple, notre voisine japonaise nous a avoué hier avoir décidé de fixer ses armoires aux murs ! Elle nous a dit qu'elle aurait pu le faire il y a 6 ans, et aussi le lendemain du grand séisme, mais elle ne l'a fait qu'hier. Elle a finalement réalisé qu'elle pouvait faire quelque chose de simple pour sa sécurité de demain. Si vous ne l'avez pas déjà fait, faites-le ! Chaque détail peut se révéler important, soit pour limiter la gêne lors d'une forte secousse qui ruinerait votre intérieur, soit pour vous protéger. Réfléchissez à ce qui pourrait limiter vos déplacements en cas d'évacuation, mettez des feuilles d'essuie-tout sous vos verres, des ficelles pour empêcher vos livres de tomber des bibliothèques, etc... Savez-vous quel est le point de rassemblement le plus proche de chez vous ? Et faites vous un sac de survie, et placez-le dans un endroit stratégique. Mettez-y en priorité ce qui a manqué lors du dernier séisme : eau et nourriture pour 3 jours /par personne (= 9l eau + 3 jours nourriture / personne), + une couverture, une lampe de poche + piles de rechange, une radio, un sifflet, argent liquide, passeport, etc..

Avec l'illusion d'un retour à la normale, vous pouvez être tentés de tourner la page, ce qui est aussi une bonne chose. Il faut avancer. Mais ne vous mettez pas en position de regretter vos choix demain. Par rapport à l'avant séisme du 11 mars, rien ou presque n'a changé sous nos pieds, le Japon est toujours le Japon... Et reste un pays dangereux concernant le risque sismique.. On est juste passé d'une phase contemplative à une phase démonstrative..

Des pdf qui peuvent vous être utiles...

http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/bou_topic/jisin/jisin_10point-eng.pdf

http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/bou_topic/jisin/jisin_10sonae-eng.pdf

[http://www.gsid.nagoya-u.ac.jp/kimura/kimura_homepage/What to do when the earthquake occurs.pdf](http://www.gsid.nagoya-u.ac.jp/kimura/kimura_homepage/What%20to%20do%20when%20the%20earthquake%20occurs.pdf)

Ce qu'il faut retenir comme message :

- 1) Une réplique n'est pas anodine. Il peut y en avoir des grosses (Mw8 ?).
- 2) De nouveaux gros séismes en subduction + tsunami peuvent avoir lieu de part et d'autre de la zone qui a déjà cassé (Chiba au sud et Aomori au nord).
- 3) Des séismes crustaux superficiels puissants (sur Honshu) se produisent aussi.
- 4) Il vaut mieux rester prêt à gérer une nouvelle crise sismique plutôt que de penser qu'on est en sécurité maintenant.

4) Concernant le Mont-Fuji,

Le Fuji est un volcan qui produit classiquement des coulées pyroclastiques (=blocs+cendres+gaz qui dévalent les pentes), des coulées de laves, et au moins une avalanche de débris a été cartographiée (=glissement de terrain affectant les pentes du volcan). Le Fuji est un strato-volcan, i.e. composé de plusieurs édifices dont le plus récent, le Shin-Fuji, a commencé à se construire vers 11000-8000 ans avant J-C. L'éruption la plus récente date de 1707 et a déposé des cendres jusqu'à Tokyo.

Résumé de l'activité :

11 000-8000 avant J-C : coulées de laves volumineuses.

8000-4500: explosions mineures.

4500-3000: coulées de laves volumineuses.

3000-2000: éruptions sommitales puis développement de cônes adventifs.

Précurseurs:

Etant donné que l'éruption la plus récente date de 1707, nous n'avons pas de données sur les précurseurs de ce volcan. Cependant, une remontée de magma s'accompagne souvent de trémors (=petits séismes volcaniques marquant la remontée du magma dont la signature est particulière). De plus, une remontée de magma peut-être détectée à l'aide de GPS et tilt-mètre qui mesurent la déformation du sol. Un changement des taux et types de gaz peut aussi signaler une éruption potentielle.

Instrumentation au Fuji :

Le Fuji comporte plusieurs sismomètres, des stations GPS et des tilt-mètres. Les sismomètres sont vraiment de bons indicateurs et restent les instruments de bases largement utilisés pour surveiller les volcans.

Depuis le 11/03/2011 (=suite au séisme de Tohoku)

Le nombre de trémors détectés n'a pas changé sous le Fuji-san, ni depuis le grand séisme de Tohoku, ni après le séisme superficiel qui a eu lieu le 15/03/2011 à 22h31 (Mjma6.0) à proximité de l'édifice volcanique (séisme de Shizuoka, hypocentre à 10 km de profondeur).

Sources :

Global Volcanism Program <http://www.volcano.si.edu/reports/usgs/>

Observatoire VRC http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/VRC/index_E.html