SOPHIE NIVOIX
Université de Poitiers
SERGE REY
Université de Pau et des pays de l'Adour

LA CATASTROPHE DE FUKUSHIMA EN 2011 : QUELLES CONSÉQUENCES FINANCIÈRES ET BOURSIÈRES ?

Le tremblement de terre qui a frappé l'est du Japon le 11 mars 2011 a eu un impact économique important pour nombre de sociétés japonaises, dans la mesure où il s'est accompagné d'un tsunami et d'un accident nucléaire majeur à la centrale de Fukushima. Au-delà de l'entreprise TEPCO, propriétaire de la centrale nucléaire endommagée, c'est non seulement tout le secteur de la production électrique, mais également l'activité économique et financière dans son ensemble qui en ont subi des conséquences. Celles-ci furent particulièrement sensibles si l'on considère l'évolution du marché japonais des actions et l'instabilité qui l'a caractérisée. Cependant, dans les mois qui ont suivi la catastrophe on a pu noter qu'un retour à une situation proche de la normale s'est produit progressivement pour la plupart des sociétés, excepté celles du secteur électrique.

Trois ans après les événements, il est donc intéressant d'analyser la situation à plusieurs titres. Sur le plan économique, il importe de vérifier si la capacité historique du Japon à sortir des phases critiques s'est une fois encore vérifiée. Sur le plan financier, il convient d'observer dans quelle mesure les répercussions de Fukushima ont perturbé à moyen terme la valorisation des entreprises par le marché, et en particulier TEPCO.

Notre étude porte donc à la fois sur des éléments macroéconomiques rappelant le contexte dans lequel évolue le Japon en ce début de XXI^{e} siècle, et des données financières et boursières touchant les sociétés dont nous avons analysé tant les rentabilités que la volatilité sur les trois dernières années.

LE JAPON FACE AUX DÉSASTRES NATURELS

Les études portant sur les conséquences économiques et financières des catastrophes naturelles s'intéressent plus fréquemment aux événements liés au continent nord-américain qu'au Japon, mais le triple désastre de Fukushima (tremblement de terre d'une rare intensité, tsunami de grande ampleur puis accident nucléaire majeur) met l'accent sur autant de particularités nipponnes. La fragilité géologique de l'archipel l'expose à de fréquents séismes (Stein et Stein 2014), ainsi qu'à de potentiels tsunamis lorsque l'épicentre est situé en mer. En mars 2011, la troisième composante du drame est apparue en raison du passage du tsunami sur le site de la centrale nucléaire de Fukushima, alors que la faiblesse des ressources énergétiques naturelles du Japon rend le pays très dépendant, tant pour ses importations que pour sa production nucléaire.

Historiquement, le Japon a connu plusieurs séismes de forte magnitude durant le siècle passé, avec un impact humain et économique particulièrement lourd. Le tableau 1 en résume les caractéristiques principales.

Tableau 1 : Séismes majeurs au Japon au cours des 100 dernières années

Date	Lieu	Nombre de morts	Magnitude	Tsunami
01/09/1923	Kantô	142 800	7,9	oui
28/06/1948	Fukui	3 769	7,3	oui
16/01/1995	Kôbe	5 502	6,9	oui
11/03/2011	En mer, 130 km à l'est de Sendai	15 690	9	oui

Sources : « The Great Japan Earthquake of 1923 », J. Hammer, *Smithsonian Magazine*, mai 2011, « Major Japanese Earthquakes of the 20th century » et « The Great Tohoku Japan Earthquake & Tsunami: Facts, Engineering, News & Maps », MCEER publications, University of Buffalo, http://mceer.buffalo.edu/infoservice/disasters/Honshu-Japan-Earthquake-Tsunami-2011.asp.

Les destructions du séisme du Tohoku en 2011 ont été estimées à 3,5 % du PIB[1] (contre 29 % en 1923 et 2 % en 1995), car les préfectures de Fukushima, Iwate et Miyagi sont particulièrement actives sur le plan économique. Cependant les ruptures d'approvisionnement en matériaux (acier, zinc, etc.) et produits industriels intermédiaires ou pièces détachées ne furent que de quelques semaines. C'est sur le plan énergétique que la baisse des capacités fut la plus sensible et la plus durable (Dourille-Feer 2014 : 66).

1. Source : Cabinet Office of Japan, nsearch.cao.go.jp.

Le tremblement de terre de 2011 comporte des caractéristiques qui rendent cet événement unique par bien des aspects. Tout d'abord il n'a pas touché directement une grande ville, comme ce fut le cas à Kôbe. Ensuite sa magnitude fut la plus élevée jamais enregistrée au Japon (9 sur l'échelle de Richter), avec des destructions matérielles touchant plus de 900 000 immeubles, et près de 22 millions de tonnes de débris à ôter de la zone sinistrée. Enfin, son épicentre, situé 24 km sous le niveau de la mer à 130 km des côtes de Sendai (ville située à 300 km au nord-est de Tôkyô), a engendré un tsunami avec une vague de 15 mètres de haut qui a gravement endommagé la centrale nucléaire de Fukushima. Plus de 300 000 personnes ont dû quitter la zone sinistrée et 50 000 logements temporaires ont été créés dans l'urgence. Une telle catastrophe a eu une répercussion majeure sur tout le secteur de l'énergie, et plus particulièrement sur TEPCO (Tokyo Electric Power COmpany), la firme propriétaire de la centrale de Fukushima. En effet, l'accident nucléaire a atteint un niveau de 7, à savoir le plus élevé sur l'échelle de l'International Nuclear Event Scale, tout comme Tchernobyl en 1986. Environ 2 millions de personnes ont été irradiées et ont demandé un dédommagement à TEPCO, qui a évalué début 2014 dans son *business plan*[2] le coût global du désastre à près de 5 000 milliards de yens, incluant les réparations matérielles (bâtiments, terres cultivées, déplacement de populations, traumatisme psychologique, etc.). Les paiements doivent s'étaler pour l'entreprise de 2013 à 2022, et s'accompagner de restructurations internes et d'investissements. Plus largement, l'ensemble du pays doit faire face aux conséquences financières à long terme, en raison de coûts de reconstruction pouvant atteindre 20 000 milliards de yens, sachant que le gouvernement a décidé d'y allouer des ressources supplémentaires à quatre reprises au cours de l'année 2012.

Le 30 mars 2011, le gouvernement japonais a demandé aux firmes du secteur de la production électrique de prendre des mesures de protection contre les tsunamis de grande ampleur. Les réactions ont été diverses parmi les entreprises concernées. Ainsi Hokuriku Electric Power a décidé de bâtir un mur anti-tsunami de 4 mètres plus haut que le précédent (qui atteignait déjà 11 mètres) autour de sa centrale de Shika, située dans la zone fortement sismique de Niigata (nord-ouest de Honshu). En outre, une digue anti-tsunami de 700 mètres de long en béton armé a été installée. Parmi les 54 réacteurs nucléaires du Japon, 45 se sont vu adjoindre depuis 2011 des digues anti-tsunami et l'étanchéité de leurs infrastructures a été améliorée. Dans sa centrale de Shimane,

2. Source : New Comprehensive Special Business Plan TEPCO, 15 janvier 2014, p. 20.

Chugoku Electric Power a haussé sa digue de 11 à 15 mètres au-dessus du niveau de la mer. Autre exemple, Chubu Electric Power a construit à Hamaoka (région de Shizuoka, entre Tôkyô et Ôsaka) une digue de 18 mètres de haut achevée en 2016, afin de parer aux séismes fréquents de cette région.

Deux ans après l'accident, le 15 septembre 2013, le dernier des 54 réacteurs japonais encore en activité, celui d'Ohi, était arrêté. Le nucléaire, qui couvrait 28 % de la demande d'électricité du pays en 2010, est passé à 19 % en 2011 puis 0 % en 2012. Le manque a été compensé par d'onéreuses importations de charbon, pétrole et gaz, et par un effort de réduction de la consommation. Cependant, en juillet 2014 l'autorité japonaise de régulation nucléaire a considéré que 2 réacteurs de Kyushu Electric Power pouvaient être redémarrés dans les mois à venir car ils remplissaient les nouvelles conditions de sécurité. Cela constitue une étape importante et le gouvernement Abe a souhaité relancer les infrastructures jugées sûres face aux tsunamis, séismes, éruptions volcaniques et autres menaces naturelles.

Sur le plan économique, les firmes voient leur activité fortement perturbée, voire totalement arrêtée, suite aux destructions de bâtiments, routes, réseau ferré, lignées électriques et autres équipements. Lors du tremblement de terre de Kôbe en 1995, la destruction des installations portuaires a eu un fort impact sur l'activité de transport de conteneurs. Ainsi, ce port qui représentait 8 % des importations du Japon a vu sa part baisser sous les 2 % immédiatement après le séisme, pour revenir ensuite à environ 6 %, soit moins que son niveau initial.

La situation après 2011 est particulière, car elle soulève en plus la délicate question de la politique énergétique du pays à long terme, sa répartition spatiale ainsi que les lieux d'implantation industrielle de façon plus générale. Les conséquences financières pour les firmes touchées par la catastrophe sont naturellement visibles dans leurs résultats annuels, mais également dans l'évolution de leurs cours boursiers lorsqu'elles sont cotées. En effet, le cours d'une action témoignant non seulement de la situation actuelle d'une entreprise, mais également des anticipations d'activité de celle-ci, il est logique de s'attendre à des effets négatifs sur les rentabilités boursières, mais aussi sur la volatilité des actions, reflet de l'incertitude des marchés.

C'est pourquoi notre attention s'est portée sur les entreprises productrices d'électricité, et notamment la principale touchée par le tsunami, TEPCO. Nous avons donc analysé l'évolution des cours des actions et la volatilité de ceux-ci pour les principales firmes concernées, ainsi que pour les indices de marché. Une question

importante est notamment de déterminer si le choc n'a eu que des conséquences boursières à court terme, ou si l'inquiétude des marchés persiste à plus long terme, ce qui peut rendre problématique le financement de certaines entreprises.

L'IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA CATASTROPHE

L'analyse d'événements antérieurs (DAVIS et WEINSTEIN 2002 : 1285) conclut que des chocs temporaires, même de grande ampleur, tels que les explosions nucléaires de la Seconde Guerre mondiale, ont eu peu d'effet à long terme sur la structure spatiale de l'économie japonaise. Ces auteurs ont montré qu'un équilibre persiste après les catastrophes tant dans la répartition des populations que dans l'importance des sites industriels (DAVIS et WEINSTEIN 2008 : 63).

A plus court terme, de nombreuses études indiquent que les marchés financiers réagissent à des chocs économiques, politiques ou environnementaux durant plusieurs semaines ou mois. La mesure de la réaction peut se réaliser au moyen d'un modèle de marché, mais celui-ci nécessite le calibrage de nombreux paramètres, tels que par exemple le taux sans risque, l'indice représentatif du marché des actions, la fréquence d'observation des données, ou encore la taille de la fenêtre d'observation des variables. Les valeurs alors considérées comme usuelles ont un impact majeur sur les résultats jugés inhabituels pour cause de période de crise. Afin de contourner cette difficulté méthodologique et parce que l'amplitude des conséquences du séisme est sans précédent, nous avons choisi de focaliser notre analyse plus spécifiquement sur les volatilités des cours des actions. En outre, il n'était pas pertinent d'utiliser une courte durée d'observation comme dans les classiques études d'événement, mais préférable de prendre un compte une longue période afin de permettre une meilleure évaluation des conséquences du désastre. Celles-ci comprennent non seulement l'évaluation des dégâts matériels et coûts de réparation pour TEPCO, mais également le gel de la zone économique touchée, la mise en place de nouvelles ressources énergétiques et l'avenir même de la filière nucléaire au Japon.

Sur le plan national on observe une chute du taux de la croissance du PIB réel qui passe de +4,7 % en 2010 à –0,5 % en 2011. Cette baisse résulte pour l'essentiel des deux premiers trimestres de l'année, –1,7 % et –0,75 % respectivement contre +0,2 % au 4e trimestre, reflétant ainsi la chute d'activité qui a suivi la catastrophe

de Fukushima. Toutefois l'économie dans son ensemble ne sera pas durablement impactée, puisque, dès 2012, le Japon a renoué avec un taux de croissance positif à 1,4 %, puis à 1,5 % en 2013 (OCDE, Quarterly National Accounts).

Néanmoins, le secteur électrique est loin d'avoir retrouvé son niveau d'avant mars 2011. Les cours de bourse des principaux acteurs du domaine en sont le révélateur. On observe en effet que la chute de la valeur boursière des principales firmes fut particulièrement rude après le tsunami (tableau 2). Un an plus tard, les cours étaient encore très bas, et ceci pour l'ensemble des entreprises. Trois ans après la catastrophe, aucun des principaux producteurs d'électricité n'avait retrouvé son cours de mars 2011, et de loin. Cet effet de décrochage a été constaté dans de nombreux secteurs industriels, notamment ceux gourmands en énergie, mais un retour aux valeurs antérieures s'est produit au cours de l'année 2011, et trois ans plus tard les « traces » de l'événement ont disparu. Pour les indices du marché des actions, NIKKEI 225 ou TOPIX 100, le choc a également été amorti en quelques mois, du fait de l'influence de nombreux éléments économiques et financiers intervenus par la suite.

Tableau 2 : Capitalisations boursières du secteur électrique en milliards de yens et indice de marché

Electric utility	10/03/2010	10/03/2011	10/03/2012	10/03/2013	10/03/2014
Tokyo Electric Power	3 895	3 451	372	330	738
Chubu Electric Power	1 778	1 637	1 184	865	1 005
Kansai Electric Power	1 893	1 919	1 257	740	1 075
Tohoku Electric Power	969	948	496	350	616
Kyushu Electric Power	949	891	593	404	670
Valeur de l'indice NIKKEI 225	10 564	10 434	9 890	12 349	15 120

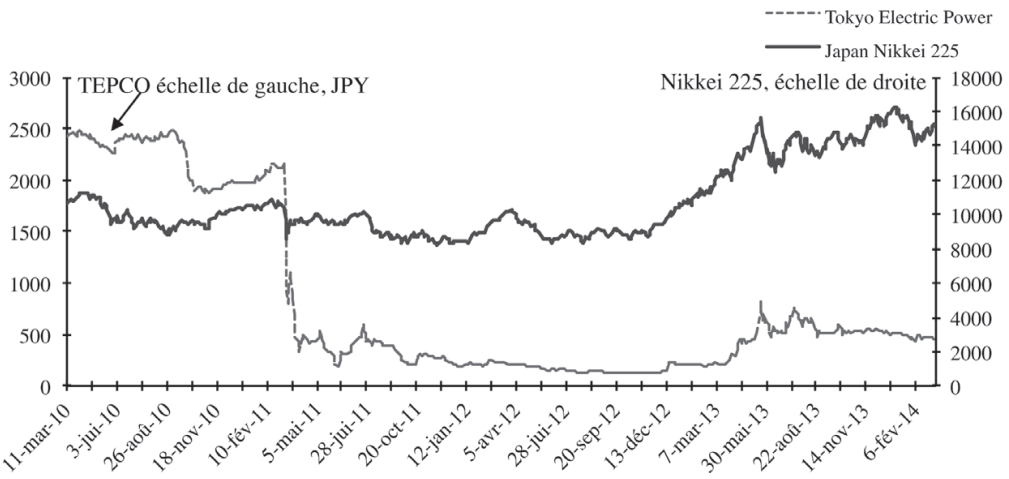
Source : base de données Factset international

LES CONSÉQUENCES BOURSIÈRES POUR L'ENTREPRISE TEPCO

L'analyse quotidienne des cours des actions indique une baisse de valeur de plus de 90 % pour TEPCO en quelques jours (graphique 1). Sur plus long terme, le décrochage de cours dû à la catastrophe de Fukushima est non seulement très visible, mais aussi persistant. Le cours a certes plus que triplé entre juillet 2012

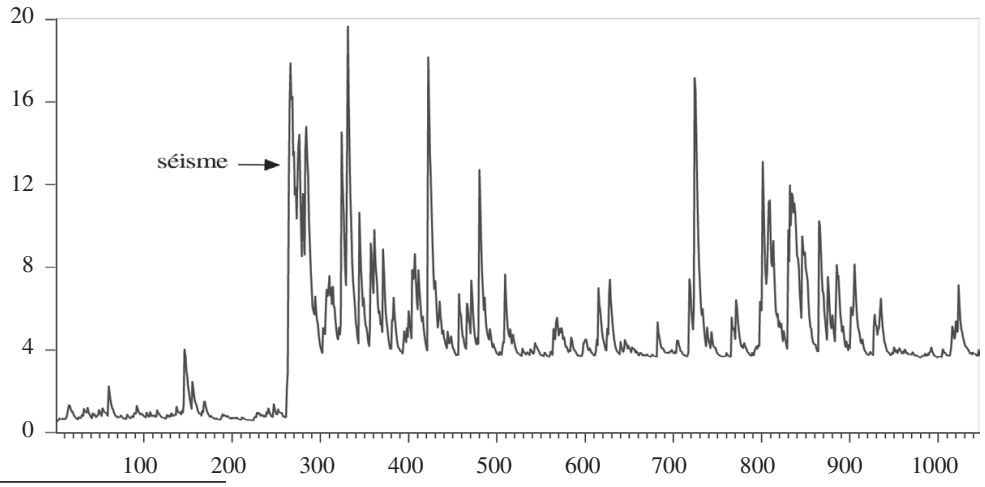
et mars 2014, mais il reste encore loin de son niveau de 2000 yens avant le tsunami[3], alors que le marché (indice NIKKEI ou TOPIX 100) a retrouvé son niveau d'avant le choc en à peine un an.

Graphique 1 : Evolution du cours de TEPCO et de l'indice NIKKEI 225 de mars 2011 à mars 2014



De plus, on constate que les variations quotidiennes des cours de TEPCO après le tsunami ont enregistré une très forte volatilité durant les six mois post-événement, ainsi que l'illustre le graphique 2 (le 11 mars 2011 correspond au jour 260 de l'échelle). Cependant, il faut remarquer que même trois ans après, la volatilité se maintient à un niveau près de 4 fois supérieur à ce qu'il était avant mars 2011, signe d'une incertitude renouvelée du marché quant à l'avenir de l'activité de TEPCO, doublée d'une préoccupation au sujet de sa capacité à verser tous les dédommagements prévus sur dix ans. Ce niveau de risque perçu par les investisseurs se retrouve dans une mesure bien moindre pour les autres firmes du secteur.

Graphique 2 : Volatilité du cours des actions TEPCO (Modèle GARCH)



3. Concernant le volume des transactions quotidiennes, on remarque de façon identique une forte activité durant les six mois suivant la catastrophe, ce qui corrobore la puissance du mouvement baissier des cours.

Afin de compléter l'analyse des caractéristiques de la volatilité, il convient d'en évaluer les paramètres sous-jacents, à savoir l'importance de l'inertie du processus ou au contraire l'atténuation du choc initial au fil du temps. En outre, il importe de vérifier si cette volatilité est accentuée par des changements relatifs à la nature des actionnaires de l'entreprise.

Nous avons ainsi testé un modèle MS-GARCH (Markov-Switching GARCH) à deux régimes, tel que défini par Gray (1996 : 27-62). Cela signifie que nous faisons dépendre la dynamique des rentabilités boursières d'un indicateur de régime $S_t = i$, avec i = 1 (régime de faible volatilité) ou 2 (régime de forte volatilité) et que la rentabilité quotidienne d'une action s'exprime avec :

(1) $r_{t+1} = \lambda_i + \gamma_i \sqrt{h_{i,t}} + \sqrt{h_{i,t}}\, e_{t+1}$

avec λ_i et γ_i des constantes spécifiques au régime considéré,

e_t une variable suivant un processus i.i.d.,

$h_{i,t}$ la variance conditionnelle (Modèle GARCH) dans le régime i.

Le terme $\lambda_i + \gamma_i \sqrt{h_{i,t}}$ du membre de droite de l'équation constitue l'estimation de la moyenne de la rentabilité en régime i et constitue un modèle GARCH-in-Mean (GARCH-M) tel que présenté par Engle *et al.* (1987 : 391-408).

Suivant ces deux hypothèses, la distribution conditionnelle des rentabilités est une combinaison de deux distributions normales, qui peuvent s'écrire :

(2) $r_{t+1}|\Phi_t \sim N(\lambda_1 + \gamma_1 \sqrt{h_{1,t}}\,, h_{1,t})$ avec une probabilité $p_{1,t}$

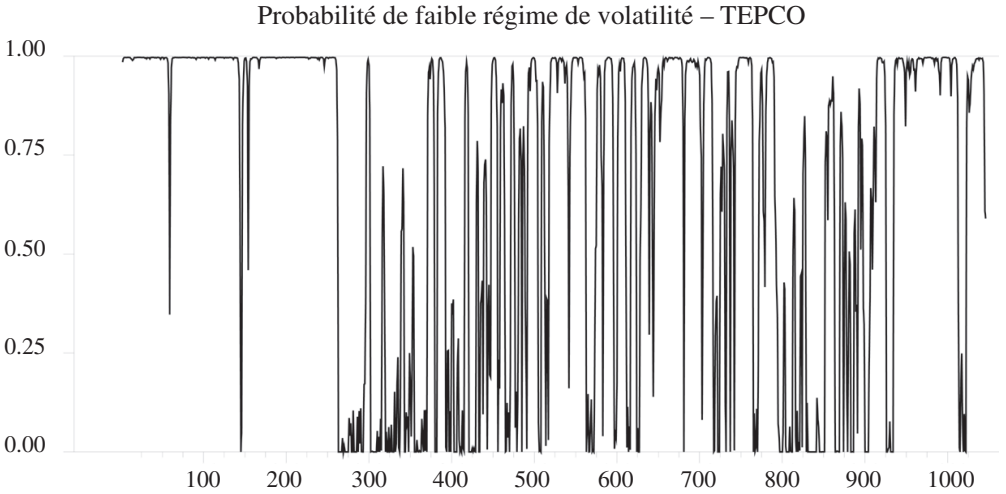
$N(\lambda_2 + \gamma_2 \sqrt{h_{2,t}}\,, h_{2,t})$ avec une probabilité $(1 - p_{1,t})$

Dans l'équation (2) Φ_t définit l'ensemble d'information en date t, et $p_{1,t} \equiv \Pr(S_t = 1 | \Phi_t)$ indique la probabilité *ex ante* d'être dans le régime 1 à la date t. Le graphique 3 indique la probabilité d'un régime de faible volatilité : la probabilité est forte sur la partie haute du graphique (proche de 1) et faible sur la partie basse (proche de 0). Nous constatons que depuis mars 2011 (abscisse 260) le régime à faible volatilité est beaucoup moins fréquent (courbe située près de la probabilité 0), alors que ce régime était quasiment permanent auparavant. Cette hausse brutale de la volatilité ne s'est que peu atténuée au fil des trois années suivantes, ce qui confirme l'observation des valeurs directes de la volatilité avec le graphique 2.

La volatilité est un facteur déstabilisant pour le cours de l'action d'une entreprise, dans la mesure où elle rend le coût du financement en fonds propres plus aléatoire, et donc au final plus élevé. Cela traduit un risque plus élevé pour l'activité de la firme, et donc la nécessité pour elle d'offrir aux investisseurs une renta-

bilité suffisamment forte pour compenser ce risque. Une évolution notable des valeurs de la volatilité peut s'accompagner d'un changement dans la structure de l'actionnariat, car le niveau de risque de l'entreprise ne convient plus à ce que peuvent supporter certains actionnaires. Il est donc nécessaire de regarder la composition de l'actionnariat de TEPCO depuis 2011.

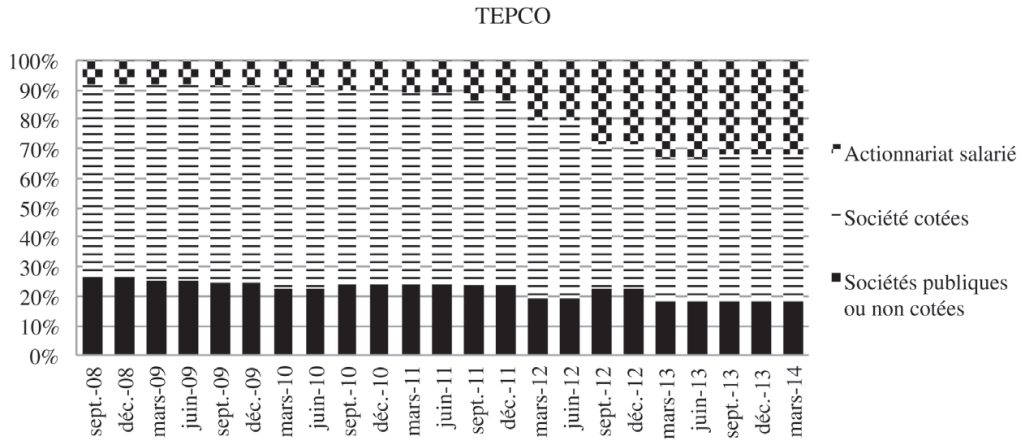
Graphique 3 : Modèle MS-GARCH à 2 régimes pour la volatilité de l'action TEPCO



Le graphique 4 montre que les grandes catégories d'actionnaires de cette entreprise n'ont que peu varié immédiatement après le séisme ; ceci a été vérifié tant en proportion qu'en valeur. Par contre, sur plusieurs années on remarque une tendance à une réduction progressive de l'actionnariat des firmes cotées, due pour l'essentiel à la sortie progressive de Dai-Ichi Life Insurance Co. au cours de l'année 2012, alors que cet actionnaire détenait plus de 20 % du capital en 2011, et représentait donc un tiers de l'actionnariat lié aux firmes cotées. Par ailleurs, en 2012 le fonds d'indemnisation soutenu par l'Etat est devenu le premier actionnaire avec 54,69 % du capital. Parmi les actionnaires détenant plus de 1 % du capital et ayant vendu leurs titres, on peut citer Sumitomo Mitsui Trust Holdings, Furukawa et East Japan Railways. Les autres mouvements ont porté sur de petits volumes d'actions. Parallèlement, en dehors du fonds d'indemnisation, on note une place grandissante du fonds de placement des salariés de l'entreprise : cet actionnariat a progressé de 8 % du capital en 2008 à plus de 30 % en 2014. On peut y voir une forme de remplacement d'un actionnariat privé par un actionnariat interne à l'entreprise, permettant la création d'un noyau dur d'actionnaires encore plus fidèles (voire prisonniers) à l'entreprise. Enfin, seul autre gros actionnaire, Nippon Life Insurance Co., a réduit son actionnariat au cours de l'année 2012, en passant de 22,8 % à 18,9 %. Là encore,

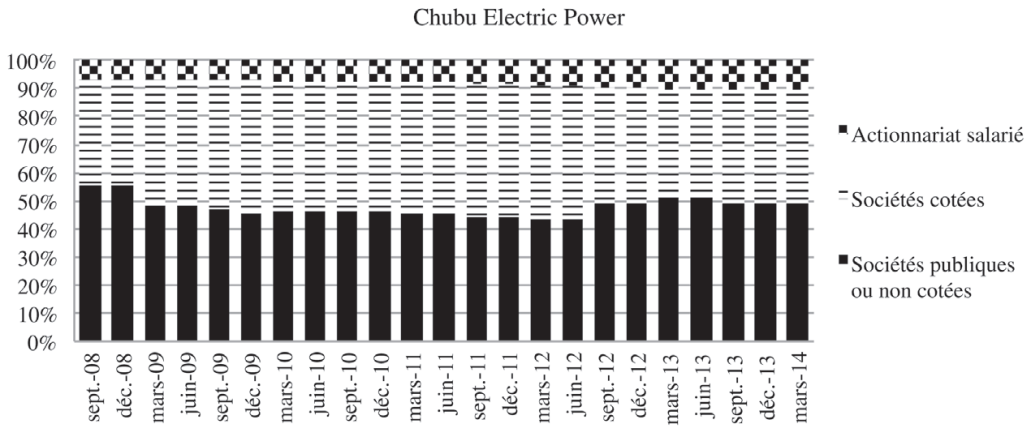
on peut voir que cette réaction n'a pas eu lieu sur le court terme, mais plusieurs mois après la crise. Cela peut s'interpréter comme une certaine fidélité en période difficile pour TEPCO, mais pas comme une attente de remontée de cours afin de ne pas vendre trop à perte, car en 2012 le cours était aussi faible – voire plus – qu'à partir du 12 mars 2011. Les autres catégories d'actionnaires, à savoir les investisseurs individuels, les fonds de pension ou filiales, sont peu présentes chez TEPCO.

Graphique 4 : Evolution de l'actionnariat de TEPCO sur 2008-2014 , hors fonds d'indemnisation



La situation est sensiblement la même parmi les autres firmes du secteur, à savoir un tassement de l'actionnariat des firmes cotées et une tendance à la hausse de l'actionnariat des salariés de l'entreprise. Le graphique 5 confirme cette tendance pour le groupe Chubu Electric Power avec une hausse régulière après mars 2011 de la part du fonds des salariés de l'entreprise au détriment des actionnaires représentant des sociétés cotées.

Graphique 5 : Evolution de l'actionnariat de Chubu Electric Power



CONCLUSION

Lorsqu'un pays doit faire face à un choc aussi important que celui qu'a subi le Japon, on ne peut que s'inquiéter des conséquences économiques à moyen et long terme. Ces effets peuvent se faire sentir au niveau macroéconomique (croissance du PIB), mais aussi micro-économique. Ainsi, on s'attend à ce que la baisse d'activité et des performances des entreprises entraîne une réaction négative des marchés financiers, se traduisant par une chute des cours de bourse accompagnée d'une forte hausse de leur volatilité (YAMORI et KOBAYASHI 2002 : 92-108, WORTHINGTON 2008 : 1-10). C'est bien ce que l'on observe pour le marché japonais, et en particulier pour le secteur de l'électricité. Mais alors que l'on pourrait espérer un retour à la normale dans un délai de quelques mois voire de quelques trimestres, l'observation des cours de bourse de TEPCO, et plus globalement du secteur électrique japonais, montre que trois ans après la catastrophe, ceux-ci restent fortement impactés. D'une part, la capitalisation boursière de TEPCO reste quasiment divisée par 5 depuis 2011 ; d'autre part la volatilité des cours de bourse demeure très élevée, ce qui génère de fortes incertitudes pour les investisseurs et a conduit à des changements dans la structure de l'actionnariat des entreprises du secteur électrique. De ce point de vue il y a un effet permanent du choc de mars 2011 qui peut s'expliquer par son caractère unique, à savoir un tremblement de terre accompagné d'un tsunami et d'une catastrophe nucléaire sans précédent. Dès lors, s'il est acquis que la totalité des 54 réacteurs nucléaires ne seront probablement jamais remis en route, il subsiste une forte incertitude sur la production énergétique future du Japon[4]. Combien de réacteurs pourront être considérés comme « sûrs », si tant est que l'on puisse parler de « sûr » en la matière, et pourront ainsi être redémarrés ? Comment compensera-t-on à terme la baisse de la production nucléaire ? Ce sont ces incertitudes qui expliquent la nervosité des investisseurs, qui se traduit par une forte volatilité des cours de bourse et conduit certains actionnaires à se retirer du secteur.

4. Rappelons qu'avant Fukushima un tiers de l'électricité produite était d'origine nucléaire. Pour compenser l'arrêt des réacteurs, le Japon a relancé les centrales thermiques et a dû pour cela importer massivement du gaz et du charbon, ce qui a conduit l'Archipel à un déficit commercial record de 55,5 milliards d'euros au premier semestre 2014.

BIBLIOGRAPHIE

DAVIS, Donald R. WEINSTEIN, David E. « Bones, Bombs, and Break Points: the geography of economic activity », *American Economic Review*, vol. 92-5, 2002, p. 1269-1289.

DAVIS, Donald R. WEINSTEIN, David E. « A Search for Multiple Equilibria in Urban Industrial Structure », *Journal of Regional Science*, vol. 48-1, 2008, p. 29-65.

DOURILLE-FEER, Evelyne. *L'Economie du Japon*, Paris, La Découverte, 2014.

ENGLE, Robert F. LILIEN, David. ROBINS, Russell. « Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M model », *Econometrica*, vol. 5-5, 1987, p. 391-408.

GRAY, Stephen F. « Modeling the Conditional Distribution of Interest Rates as a Regime-Switching Process », *Journal of Financial Economics*, vol. 42, 1996, p. 27-62.

STEIN, Seth. STEIN, Jerome L. *Playing Against Nature: Integrating Science and Economics to Mitigate Natural Hazards in an Uncertain World*, Hoboken, Wiley-Blackwell, 2014.

WORTHINGTON, Andrew C. « The Impact of Natural Events and Disasters on the Australian Stock Market: a GARCH-M analysis of storms, floods, cyclones, earthquakes and bushfires », *Global Business and Economic Review*, vol. 10-1, 2008, p. 1-10.

YAMORI, Nobuyoshi. KOBAYASHI, Takeshi. « Do Japanese insurers benefit from a catastrophic event? Market reaction to the 1995 Hanshin-Awaji earthquake », *Journal of the Japanese and International Economies*, vol. 16, 2002, p. 92-108.