GREVES, EMEUTES ET MOUVEMENTS POPULAIRES: GESTION DU RISQUE ET MODELISATION

Bastien POTENTIER [1]

Institut de Science Financière et d'Assurance[2]

Résumé :

Nous nous intéressons dans ce papier au risque de grèves, émeutes et mouvements populaires avec pour but une meilleure compéhension des enjeux liés à ces périls. Ce risque atypique est en effet identifié comme particulièrement dommageable pour les compagnies d'assurance. Elles ont déjà supportées des pertes significatives suites aux dernières émeutes en Europe: Athènes en 2008 ou Londres en 2011, par exemple.

Le risque n'étant ni clairement ni unanimement défini, nous proposons de tenter de combler cette absence en première partie, délimitant dans le même temps le cadre de notre étude. La construction de cartes, basées sur un indice prédictif, permet ensuite une bonne gestion du risque à un niveau global. Cette approche macro-économique est le reflet de notre vision du risque en interne. La création de scenarii nous autorise à avancer quelques chiffres traduisant les pertes financières potentielles consécutives aux émeutes. Nous les intégrerons à un générateur de risques atypiques pour en dériver une distribution de pertes, préférée pour une analyse actuarielle.

Nous insistons également sur la vocation de cette démarche scientifique, nous ayant conduits à la validation de notre objectif, à être étendue à d'autres risques émergents.

Abstract:

In this paper, we take an interest in the risk of strikes, riots, and civil commotions to better understand what is at stake. This atypical risk has indeed been identified as especially detrimental to insurance companies, which have already suffered large losses after the latest riots in Europe - Athens 2008 and London 2011 to name a few.

The risk is not clearly or unanimously defined. We try to fill the void left in the general framework of the study. A proper risk management is made possible through the creation of maps based on a predictive index. This macro-economic approach is the reflection of our inner vision. Scenarios enable us to come up with concrete figures on the

[1] Contact: bastienpotentier gmail.com

[2] Institut de Science Financière et d'Assurances, 50 avenue Tony Garnier, 69007 LYON

potential losses following a riot event. All combined with a risk generator, we derived the distribution of losses we need for an actuarial purpose.

We also insist on the scientific process that leads us to validate our target, it aims at being extended to other emerging risks.

2011, un large mouvement de révolte déferle sur l'Afrique du Nord et le proche orient. Les contestations prennent des formes diverses, certaines émeutes se transforment rapidement en guerre civile, en Lybie notamment. Le Printemps Arabe résonne aussi de l'autre côté de la méditerranée : la Grèce, le Royaume Uni et la France, plongés dans une situation économique difficile, n'ont pas été épargnés par les émeutes durant les années 2000. Les conséquences économiques sont difficilement chiffrables mais le poids porté par les entreprises d'assurance dans l'indemnisation des dommages est certain.

Incitées à une meilleure quantification des risques auxquels elles sont exposées, via le dispositif ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*) de la directive européenne Solvabilité II, les compagnies d'assurance ont rapidement identifié les risques socio-politiques comme une des préoccupations majeures pour les prochaines années. Par conséquent, elles ont le souci d'enrichir leurs connaissances sur les périls grèves, émeutes et mouvements populaires[1].

Personne n'avait anticipé ces éclats de violences donc personne n'avait prédit l'ampleur des dommages pour les sociétés d'assurance. Pourtant, avec comme objectif la compréhension et l'exposé du mécanisme conduisant aux émeutes et aux pertes matérielles conséquentes, nous devons nous poser la question : les soulèvements collectifs sont-ils prévisibles ?

Après avoir analysé les émeutes à un niveau global, nous avançons que la multiplicité des facteurs rend irréalisable toute prévision avec assez de précision pour être immédiatement exploitable. Ainsi, nous proposons plus modestement de répondre à la question : comment appréhender le risque de grève, émeute et mouvement populaire dans un cadre d'assurance et comment le modéliser ?

Si ce risque appelle beaucoup de questions de la part des assureurs et des réassureurs ces dernières années, aucune étude connue ne le traite quantitativement ni aucune

[1] GEMP dans la suite de l'article.

modélisation ne l'affronte directement. Il s'agit donc d'un projet ambitieux, permettant une réflexion nécessairement nouvelle et de nombreuses initiatives. En ce sens, la méthode scientifique appliquée est aussi importante que les résultats chiffrés ; une démarche similaire peut être appliquée pour la compréhension d'un autre risque atypique émergent.

Nous utilisons d'abord une approche inductive : l'analyse des événements historiques conduit à proposer une cartographie du risque. La production de cette carte est formalisée par un indicateur synthétique de l'environnement politique, économique, social et des avancées technologiques favorisant l'émergence d'émeutes.

A partir d'hypothèses issues de l'observation, nous instituons une modélisation et nous en réalisons les conditions matérielles sur nos portefeuilles d'assurance : nous en déduisons un montant de pertes maximal probable. Nous confrontons constamment les modèles construits à la sinistralité passée. En ce sens, nous restons fidèles à la méthode expérimentale de Claude Bernard : "un raisonnement à l'aide duquel nous soumettons méthodiquement nos idées à l'expérience des faits". Nous ne prétendons pas calculer avec précision les conséquences financières de l'émeute pour les sociétés d'assurance, mais nous témoignons de la nécessaire imagination avec laquelle l'actuaire doit aborder ces nouveaux périls.

Le premier temps sera consacré à la définition de ce risque atypique, à son cadre réglementaire et à son positionnement dans le contexte du marché de l'assurance. Parce qu'il n'y a pas de connaissance sans intuition sensible, nous verrons dans un second temps comment, de l'étude des événements historiques, émergent des facteurs communs qui sont caractéristiques d'un climat propice à l'émeute. Nous avons alors pensé plusieurs scenarii réalistes pour la propagation d'une émeute. Nous les détaillerons dans un troisième et dernier temps.

1. CONTEXTE DE LA MODELISATION

Nous présenterons dans cette partie les enjeux de la modélisation des risques émergents pour un assureur. Nous proposerons également une définition du risque de Grèves, Émeutes et Mouvements Populaires (GEMP) dans un cadre d'assurance, après l'avoir situé dans la famille plus large des risques politiques. Nous verrons également le cadre réglementaire autour des événements GEMP et comment ce cadre affecte les pratiques des assureurs et des réassureurs en France.

1.1 Risques atypiques émergents

Les compagnies d'assurance et de réassurance garantissent les risques qu'elles ont clairement identifiés et qu'elles sont capables de modéliser. Certains risques assurés sont pourtant encore difficiles à appréhender. Il s'agit des risques atypiques que l'on peut définir de la façon suivante[1]:

Le risque atypique est ce à quoi on ne s'attend pas, un peu comme le cygne noir dont on sait qu'il existe mais qu'on est toujours surpris de voir surgir. (Peter Solloway)

Le caractère imprévisible est donc la principale caractéristique. Le montant important de pertes associées à la survenance du risque est le deuxième élément de définition du risque atypique. On l'oppose généralement au risque attritionel, de forte fréquence et de faible intensité. Les risques atypiques sont souvent associés aux nouvelles technologies (cyber-attaque terroriste, risque nucléaire etc) mais certains facteurs économiques ont aussi une place importante (inflation des montants de sinistres corporels graves en responsabilité civile automobile par exemple) Les risques associés à de nouvelles situations, comme les nouvelles technologies, sont les « risques émergents »[2].

Considérant le caractère difficilement prévisible et les dégâts importants que peuvent causer les émeutes, **le risque GEMP fait partie des risques atypiques**. Comme nous le verrons, il peut également être qualifié de **risque émergent** puisqu'il est largement favorisé par le développement des outils de communication instantanée (téléphone mobile et internet).

D'après un panel d'experts AXA, les risques socio-politiques occupent la seconde place des risques au plus fort impact sur la société dans les 5 à 10 prochaines années, juste derrière les risques économiques et financiers[3]. Après une compréhension de ces nouveaux risques, les experts insistent sur la nécessaire capacité d'anticipation.

Les assureurs et plus particulièrement les réassureurs sont aujourd'hui très attentifs à ces risques nouveaux. L'approche est souvent conforme à celle que nous aurons dans la première partie de ce papier: par exemple, Ace produit également des cartes avec leur vision interne du risque[4].

---

[1] Extrait d'une interview à la Revue du Courtage, Peter Solloway est directeur du développement commercial pour l'Europe Continentale chez FM Courtage. Il reprend ici l'expression du satiriste latin Decimus Iunius Iuvenalis: "rara avis in terris nigroque simillima cygno" (rare comme un cygne noir).

[2] D'après le Ministère français de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 4 juillet 2012.

[3] Acumen Risques Emergents 2014 AXA, communiqué de presse du 07 juillet 2014.

[4] Ace, *Property Insurance: Terrorism and Political Violence mini-guide*, conference AIRMIC, 2013.

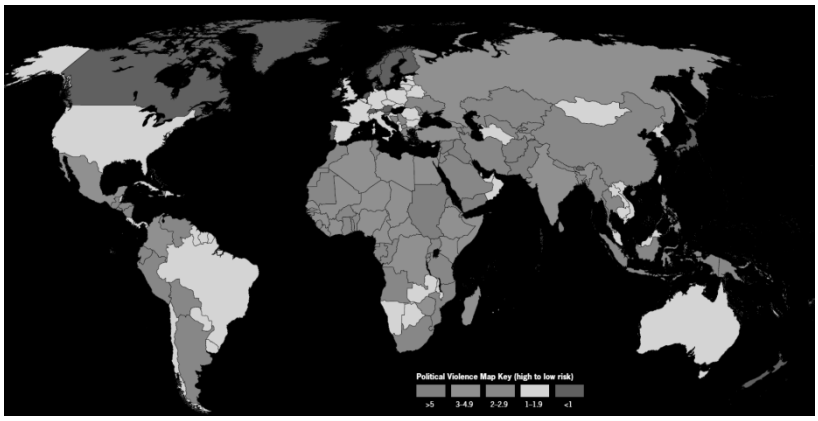


Figure 1: Carte du risque politique du réassureur Ace, 2013

1.2 Typologie du risque

La notion de risque pays apparaît en 1956 avec la nationalisation du canal de Suez par le président égyptien Nasser. L'économiste américain et prix Nobel Thomas Sargent est parmi les premiers à formaliser cette notion dans les années 70. Le risque pays se définit alors comme l'ensemble des aléas qui peuvent affecter une entreprise ou un investisseur dans le bon déroulement de ses opérations en relation avec un opérateur d'un pays tiers, du fait de l'état du pays et indépendamment de la qualité de l'opération. Il s'agit d'abord de la survenance d'un sinistre du fait du contexte politique ou économique du pays dans lequel l'entreprise ou l'investisseur est installé : immobilisation du fait de nationalisation, risque d'inconvertibilité de monnaie mais aussi atteinte à la sécurité des personnes (terrorisme, enlèvements, émeutes...). Le risque pays se manifeste donc dès lors qu'une créance étrangère se trouve contrariée dans son remboursement du fait des conditions dans le pays débiteur.

Le risque projet correspond au risque pays lorsque celui-ci n'est plus considéré globalement mais en rapport à un investissement donné. Il dépend donc également de la qualité de l'opération et fait appel à des techniques d'analyse financière.

Ces risques doivent être distingués du risque souverain, qui concerne la capacité des états emprunteurs à honorer les échéances de remboursement de leur dette externe. Un exemple de réalisation de ce risque est la crise bancaire mexicaine de 1982. En pratique, ces risques font souvent appel à des techniques d'analyse semblables, ce qui facilite la confusion.

La crise des pays émergents, née en Asie en 1997 avec un phénomène de contagion par la suite, marque l'émergence d'un risque aux causes essentiellement financières, multiforme dans ses manifestations et aux lourdes conséquences humaines et sociales : chômage, suicides et émeutes.

Le risque politique désigne aujourd'hui ce risque composite, à la croisée des risques cités précédemment, face à la complexité des échanges à une échelle globale. On peut classer le risque GEMP dans cette famille de risque.

Il faut différencier l'*incertitude politique* du *risque politique*. L'*incertitude* désigne la situation où une probabilité ne peut pas être affectée à l'événement. Ainsi, l'*incertitude politique* décrit un doute subjectif et non-mesuré porté sur un environnement politique. Tout élément qui apporte un doute mais qui se prête au calcul probabiliste relève du *risque politique*. Le premier objectif de nos travaux est bien la gestion du *risque* GEMP.

L'évaluation et la gestion d'un risque passe donc par sa quantification (souvent partielle, donc pas tout à fait objective) En pratique, l'appréciation de ce risque se fait via le *rating* ou la notation. Il existe plusieurs méthodes pour opérer cette quantification:

- méthodes totalement qualitatives
- méthodes qualitatives structurées
- méthodes "*checklist*"
- autres méthodes quantitatives

Les méthodes qualitatives correspondent aux avis d'experts. Elles ont une place très importantes dans les notations actuellement délivrées pour le risque politique. Les méthodes qualitatives structurées correspondent toujours à un avis d'expert mais où une grille d'évaluation avec une pondération spécifique pour chaque critère est mise en place. Cette grille est appliquée de manière identique à tous les pays. Cette évaluation s'appuie également sur des statistiques économiques qui facilite la comparaison entre les pays. Les méthodes "*checklist*" basent leur évaluation sur un ensemble de variables, à la fois qualitatives et quantitatives. A la différence des méthodes précédentes, les variables qualitatives sont totalement objectives et ne font pas appel au jugement. La subjectivité réside dans le poids accordé à chacune des variables d'intérêt. C'est souvent le premier pas vers des méthodes statistiques plus sophistiquées. Les méthodes quantitatives permettent la détermination des poids et donc la notation la plus objective possible. Parmi les méthodes utilisées, on peut citer l'analyse discriminante (ou classification supervisée), l'analyse en composante principale, les classifications par arbre, les méthodes de régression (régression

linéaire, modèle logit, probit et tobit) et les réseaux de neurones lorsque le volume de données est particulièrement important.

En pratique, il est délicat de construire une notation ou une indice qui serait uniquement basé sur une appréciation quantitative du risque. La plupart des agences utilisent simultanément plusieurs de ces méthodes.

L'appréciation du risque politique et donc du risque GEMP se fait en général par des facteurs politiques et économiques internes au pays étudié. Néanmoins, la littérature précise qu'il faudrait également considérer des facteurs externes. Par exemple le Koweit était généralement rangé dans la catégorie à risque politique faible en 1990, juste avant la guerre du Golfe. Néanmoins, nous considérons pour le risque GEMP qu'il est plus pertinent d'évaluer la stabilité politique et économique des pays et non les possibles conflits extérieurs. En effet, nous verrons que le risque GEMP exclut le risque de guerre et nous ferons l'hypothèse qu'il n'est pas influencé par la situation des pays extérieurs.

Les *agences de rating* connues du grand public s'occupent uniquement du risque souverain. Les entreprises commerciales d'assurance et de crédit comme la Compagnie Française d'Assurance pour le Commerce Extérieur (COFACE) s'intéressent au risque pays. Il est intéressant de noter que l'échelle de notation de la COFACE prend explicitement en compte l'influence du contexte politique.

Des cabinets de consultants ou d'expertise s'intéressent plus spécifiquement au risque politique, de terrorisme et plus finement encore le risque GEMP. Par exemple, ECONOMIC INTELLIGENCE UNIT publie avec le journal THE ECONOMIST le principal indice de démocratie disponible aujourd'hui. Le courtier de réassurance AON a développé, en partenariat avec le cabinet d'analyse économique ROUBINI GLOBAL ECONOMICS, une carte de risque propre au risque GEMP. Cette carte produite annuellement depuis 15 ans note 163 pays sur une échelle à 6 niveaux : du risque faible à très élevé. A la manière des agences de notation classique, AON met l'accent sur les *upgrades* et les *downgrades* dans l'année. Cette carte est le fruit de l'expertise des collaborateurs de Nouriel Roubini, combinée à des analyses quantitatives. Malheureusement, aucune indication précise sur les méthodes utiles à la construction de cette carte n'est dévoilée. De plus, seule la dernière carte en date est disponible gratuitement. Nous reviendrons sur cette carte ensuite.

Il apparait néanmoins que l'ensemble de ces acteurs donnent, dans leur notation, une importance certaine à la sphère financière. L'étude des méthodes, tant qualitatives que quantitatives, utilisées pour la notation, nous permettent de définir les indicateurs de risque utilisés dans la suite.

La notion de risque politique est donc difficilement quantifiable mais elle reste omniprésente dans les transactions et les décisions d'investissements internationales. Ses liens étroits avec d'autres types de risques obligent à une analyse globale et la prise en compte la plus large de l'environnement macroéconomique et géopolitique.

1.3 Environnement réglementaire

Le droit de manifester est reconnu dans la plupart des pays démocratiques comme liberté d'expression. N'étant pas interdit par la loi, il est autorisé[1].

En France, le droit de manifester est inscrit dans la Déclaration des Droits de l'Homme est du Citoyen de 1789 (art. 10 et 11) Néanmoins, le droit de manifester sur la voie publique ne peut s'exercer qu'après une déclaration préalable en préfecture de police. Suivant la nature *a priori* de la manifestation, celle-ci pourra être interdite. Si au cours de cette manifestation, des dommages sont causés aux personnes ou aux biens, c'est alors à la collectivité d'apporter réparation. Le Code des Assurances français précise également que les sociétés assurances n'apportent pas réparation de ce type de dommages.

L'assureur ne répond pas, sauf convention contraire, des pertes et des dommages occasionnés soit par la guerre étrangère soit par la guère civile, soit par des émeutes soit par des mouvements populaires.

*Lorsque ces risques ne sont pas couverts par le contrat, l'assuré doit prouver que le sinistre résulte d'un fait autre que le fait de la guerre étrangère; il appartient à l'assureur de prouver que le sinistre résulte de la guerre civile, d'émeutes ou de mouvements populaires. (*Article L121-8, Code des Assurances français)

En France, l'exclusion du risque GEMP par les contrats d'assurance est donc la règle et sa garantie l'exception.

Néanmoins, la charge de la preuve appartient à l'assureur. Compte tenu de l'absence de définition juridique précise pour une émeute, il est en pratique difficile pour l'assureur de faire jouer cette exclusion. Nous précisions enfin que cet article est extrait du Livre Premier (relatif au contrat) titre 2 (règles relatives aux assurances dommages) et ne concerne donc que les "assurances dommages" qui nous intéressent dans ce papier.

Les sociétés d'assurances disposent ensuite d'un recours contre l'état français. On parle d'action récursoire. Cette possibilité de recours a été instituée par la loi du 7 janvier 1983, d'application au 1er janvier 1984, qui précise:

[1] Dans la conception occidentale du droit.

« L'Etat est civilement responsable des dégâts et dommages résultants de crimes et délits commis à force ouverte ou par la violence par des attroupements ou rassemblements armés soit contre les personnes, soit contre les biens. (Art. L. 211-10 du Code de la sécurité intérieure) »

Cette responsabilité appartenait avant 1984 aux communes (L. 2216-3 du Code général des collectivités territoriales)[1] Il faut, pour que le recours soit valable, que soit établi un lien de causalité direct entre le dommage et le fait supposé générateur de ce dommage. L'attroupement ou rassemblement doit donc être précisément déterminé comme cause du dommage.

La compétence revient aux tribunaux administratifs pour les responsabilités dans le cadre des attroupements (loi du 9 janvier 1986) donc des émeutes. Pour les responsabilités dans le cadre de rassemblements armés (acte de terrorisme par exemple) la compétence reste à l'ordre judiciaire. La nouvelle jurisprudence n'est pas en contradiction avec celle des juridictions judiciaires.

En pratique, la jurisprudence écarte la responsabilité de l'Etat lorsque le caractère prémédité de l'acte peut-être démontré. Les "actions délibérées" et les "actions prévisibles" sont donc des caractères restrictifs. La déclaration préalable obligatoire des manifestations en préfecture n'affecte pas cette limitation[2]. Ainsi, un rassemblement de personnes autour d'une revendication commune qui dégénère par la suite ne doit pas être confondu avec un groupe se réunissant dans le seul but de commettre un délit. Un groupe "opérant subrepticement et disparaissant le coup fait" définit l'attentat[3] qui est exclu de la responsabilité de l'Etat au regard de la loi de 1983. La création du pool d'assurance GAREAT vient depuis 2002 combler le vide juridique en terme de garantie et de responsabilité concernant les actes de terrorisme et les attentats.

Les nombreux recours à la suite des événements de 2005 et la jurisprudence depuis cette date marquent pourtant un clair désengagement de l'état dans la responsabilité des dommages consécutifs aux émeutes.

Dans le même temps, l'environnement réglementaire pour l'entreprise d'assurance se précise. Pourtant, le dispositif du 14 janvier 1983 à la suite des attentats du Groupe Carlos en 1982 prévoyait déjà que

---

[1] source: FFSA, *Voitures incendiées : les modalités d'indemnisation* Fiche pratique, 1er juillet 2014.
[2] source : adjcourtage.fr
[3] source : Commissaire du Gouvernement devant la Cours d'Appel de Paris.

*« tout contrat d'assurance incendie souscrit à partir du 1er mars 1983 doit offrir de garantir moyennant le cas échéant une prime distincte, les risques de dommages matériels directs résultants d'incendie ou d'explosion provoqués par attentats, qu'il s'agisse d'**émeutes**, de mouvements populaires, d'actes de terrorisme ou de sabotage concerté. 14 janvier 1983) »*

Cette couverture n'est donc pas obligatoire mais doit être proposée aux assurés. Seul le risque incendie est concerné, il s'agit comme nous le verrons du risque majeur dans le cas d'une émeute. Les pertes indirectes (pertes d'exploitation, perte d'usage etc) ne sont pas couvertes, sauf convention contraire. La loi du 9 septembre 1986 (Loi 86-1020) rend obligatoire la couverture des actes de terrorisme et des attentats[1], rien n'est modifié dans les cas des émeutes et des mouvements populaires.

Ni les textes de loi ni la jurisprudence ne définissent donc clairement la grève, l'émeute et le mouvement populaire. Devant les imprécisions juridiques qui encadrent la couverture du risque GEMP, il est primordial que les polices des contrats d'assurances et leur couverture en réassurance définissent clairement ce qui est couvert et dans quelle limite, afin de pouvoir honorer les engagements pris le moment venu.

1.4 Définition et nomenclature des pertes possibles

La loi ne définit pas clairement l'émeute ou le mouvement populaire. Il nous faut donc poser une définition claire de l'émeute et du risque GEMP.

Le premier réflexe pour connaître la dénomination d'un mot est d'ouvrir un dictionnaire.

Tumulte séditieux, soulevement dans le peuple. (Dictionnaire de l'Académie française, 4ième édition (1762))

Cette définition est malheureusement trop imprécise. Elle note quand même le caractère séditieux qui signifiait autrefois un crime contre la sureté de l'Etat. L'étymologie du mot anglais *riot* (émeute) est intéressante: "rioter" signifie en ancien français "se querelle" et vient lui même de "ruire" (qui a donné "rugir") faire du tumulte[2].

Une définition est plus directement reliée au monde l'assurance:

L'émeute est un mouvement séditieux accompagné de violences et dirigé contre l'autorité en vue d'obtenir des revendictions politiques et sociales.

---

[1] Tels que définis par l'article L 126-2 du Code des Assurances selon les dispositions de la Loi du 23 janvier 2006 et article L 412-1 du Code Pénal.

[2] Frédéric Godefroy, *Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IXe au XVe siécle.*, Edition de Paris, 1902.

Le mouvement populaire désigne tout mouvement spontané ou concerté d'une foule désordonnée causant des dommages. (Lambert-Faivre et Leveneur)

Cette définition nous intéresse à plusieurs égards. D'abord, il s'agit d'une définition communément admise en assurance et utilisée dans les contrats faisant référence à l'article L121-8. Ensuite, elle précise plusieurs éléments importants: la cible de l'émeute est l'autorité. Les décisions de l'Etat jouent donc un rôle important dans l'apparition des émeutes. La définition nous éclaire également sur les motivations des émeutiers: elles sont de caractère politique et social. Les conséquences de l'émeute sont des "violences" "causant des dommages". Ces dommages impliquent de potentielles pertes pour un assureur. Finalement, cette définition est une définition "assurantielle" de l'émeute, c'est à dire du risque GEMP.

Selon les même auteurs, la guerre civile est un "état d'hostilité général entre citoyens d'une même nation".

Nous précisons maintenant la nature des dommages subis par les assureurs. Il s'agit de savoir quelles lignes d'affaires sont impactées. Ces dommages peuvent aussi servir de définition pour l'émeute dans le cadre de l'assurance. Nous modéliserons ces pertes dans la dernière partie.

Les dommages les plus significatifs résultent des incendies de bâtiments. Il est alors très difficile dresser une liste exhaustive de l'ensemble des dommages consécutifs à un événement pour une société d'assurance: ils sont généralement renseignés comme "incendie", sans mention à la cause qui est l'émeute. Il faut alors opérer à des recoupements suivant la date et la localisation précise du sinistre si cela est possible.

Figure 2 : Immeuble incendié, nuit du 08 décembre 2008 à Athènes, source: Petros Giannakouris, AFP.

Figure 3 : Banque vandalisée, nuit du 08 décembre 2008 à Athènes, source: Angelos Tzortzinis, AFP.

Figure 4 : Voiture brulée, 12 décembre 2008 dans le centre d'Athènes, source: Kostas Tsironis, AFP

Il ne faut pas oublier la garantie du contenu des bâtiments. Les dégats sur le contenu du bâtiment doivent être traités séparemment du bâtiment lui-même, les garanties d'assurance (franchise et limite) étant en général différentes pour ces deux éléments.

Les voitures incendiées constituent également une partie importante des dommages dans le cas de l'émeute. Le coût d'un véhicule est nettement inférieur au coup d'un immeuble mais le nombre de véhicules endommagés est très important.

1.5 Pratiques du marché français de l'assurance et de la réassurance

1.5.1 Marché de l'assurance

Les pertes consécutives aux émeutes, aux grèves et aux mouvements populaires qui ne relèvent pas d'actes de terrorisme ou d'attentats sont prises en charges par les contrats d'assurance Incendie.

Comme nous l'avons vu, cette garantie est classiquement exclue des contrats d'assurance. La FFSA[1] propose une clause type qui peut être annexée au contrat pour la couverture des risque GEMP.

Concernant l'assurance des particuliers, la couverture du risque d'émeute se fait via le contrat d'assurance multirisque habitation. Les dommages immatériels comme les pertes indirectes, les pertes d'exploitation ou la perte de loyer sont exclus des garanties, sauf mention contraire dans la police.

Les bâtiments sont garantis à la valeur à neuf, c'est-à-dire au coût de reconstruction du dit bâtiment. Le contenu est également indemnisé à hauteur de la valeur déclarée. Une franchise de 10% du montant des pertes matérielles directes est en général inscrite au contrat[2].

Les entreprises en France sont classiquement couvertes par des polices souscrites en « tous risques sauf » qui s'opposent aux polices dites « en périls dénommés ». Ainsi, à moins que le risque soit explicitement mentionné comme exclu des garanties de la police, celui-ci est couvert. C'est le cas des pertes consécutives au risque GEMP qui seront indemnisées à hauteur du plafond de la police. Contrairement aux garanties offertes aux particuliers, la perte d'exploitation et les autres pertes financières consécutives à un événement GEMP sont garanties si elles ne sont pas mentionnées dans les exclusions. Pour les risques professionnels hors de France, l'évaluation du risque est particulièrement sensible.

Les collectivités locales sont également clientes de ce type de produits. En effet, elles assurent les équipements publics contre les incendies, bien qu'elles n'y soient obligées par aucun texte de loi. Une étude réalisée à la demande du ministère de l'intérieur suite aux émeutes de 2005 en France précise que le marché de l'assurance des collectivités locales représentait 510 millions d'euros de primes cette même année, pour 135000 contrats. La

---

[1] Fédération Française des Sociétés d'Assurance.
[2] source: APREF, Association des Professionnels de la Réassurance en France.

dépense des collectivités locales pour l'assurance des biens publics constitue 0,6% de leur budget[1]. Ce marché a connu une forte évolution en France après les émeutes de 2005 et certainement dans une moindre mesure après les événements de Trappes en 2013: hausse des franchises, hausse tarifaire et certaines communes sensibles craignent à l'époque de ne plus trouver preneur d'assurance.

1.5.2 Marché de la réassurance

Les grèves, émeutes et mouvements populaires sont couverts par les traités de réassurance de la branche dommages aux biens, pour le marché français comme pour l'international dans le cas des grands groupes. Une sous-limite spécifique peut être définie. Pour les plus grands risques industriels, une réassurance facultative[2] offre une meilleure garantie et une définition claire des périls couverts est en général rédigée.

Contractuellement, l'événement est limité géographiquement et dans sa durée. La zone géographique est généralement la ville ou le département mais peut être étendue au pays tout entier. La limite temporelle est classiquement de 72 heures mais peut aller jusqu'à 168 heures. Concrètement, une émeute de plus de 72 heures doit être caractérisée comme deux événements alors qu'une émeute de moins de 72 heures ne constitue qu'un événement. Il en est de même pour la contrainte géographique. Ce point est d'une importance cruciale en réassurance, notamment dans l'application des plafonds de garantie.

Comme nous l'avons vu, la définition entre l'émeute et d'autres périls est parfois ténue. Dans les traités de réassurance le vandalisme et le sabotage sont généralement exclus sans donner plus de précision sur la définition de ces périls.

Les actes de terrorisme et les attentats subis en France sont réassurés de façon illimitée par l'état au-delà d'une franchise définie pour chaque compagnie. Une couverture du risque de terrorisme est mise en place via un *pool* de réassurance dans la plupart des pays.

2. GESTION DU RISQUE

Après avoir défini avec précision le cadre de notre travail et avant de s'intéresser à la modélisation, nous proposons une orientation *risk management* pour l'étude du risque GEMP. Il s'agit d'analyser et de mettre en regard les événements historiques avec les pertes

[1] source: APREF.

[2] La réassurance "facultative" s'oppose à la réassurance "traité". L'accord entre le réassureur et la cédante s'établit pour chaque risque, police par police. La cédante propose les risques qu'elle souhaite au réassureur, il est libre de les accepter ou non.

en portefeuille. Le but est la création si possible d'un indice prédictif pour le risque émeute ainsi qu'une cartographie de ce risque à une échelle globale.

2.1 Historique

Cette section se propose de revenir sur plusieurs mouvements historiques d'émeutes afin de mieux en comprendre les causes et les conséquences.

Nous mettrons donc l'accent sur les indices d'un climat économique et social favorable à l'émergence de violences civiles. Nous documenterons également les estimations des coûts totaux[1] et pour le secteur des assurances, chaque fois qu'une estimation est connue. Nous relierons dans une seconde section ces indices à des mesures effectuées par des autorités internationales de la bonne santé économique ou de la stabilité politique des pays. Nous verrons enfin, dans une troisième partie, comment comparer les pertes d'un portefeuille d'assurance aux pertes estimées pour le marché. Il s'agit ici de savoir si les pertes enregistrées sont représentatives de la réalité et peuvent donc être utilisées dans la suite.

2.1.1 Exemple d'événements

En 2008, la Grèce a connu plusieurs manifestations et mouvements de grève en réponse à une crise de l'emploi pour les jeunes. Ces manifestations ont pris place non seulement à Athènes mais aussi dans les principales villes grecques. La mort d'un jeune manifestant, abattu par la police le 6 décembre 2008 vient mettre un coup d'accélérateur à ce mouvement d'insurrection populaire et marque le début de plusieurs semaines d'émeutes. Rapidement, le centre d'Athènes, les campus des universités, les locaux de stations de radios et des chaînes de télévision nationales sont occupés par les émeutiers.

Les causes de ces émeutes sont nombreuses mais un des facteurs prépondérants est le chômage des jeunes, dépassant 20% en 2007, ce qui en fait un des taux les plus élevés d'Europe. Cette génération est parfois appelé la "génération 700 euros" en référence au faible salaire que les étudiants pouvaient espérer toucher en sortant de l'université. Certains analystes pointent du doigt le système éducatif défaillant et surtout très inégalitaire compte tenu de la hausse des frais de scolarité. Dans le même temps, l'état planche sur un projet de privatisation d'une large partie de l'enseignement supérieur, qui est vue comme contraire à la constitution grecque. Pourtant, le profil des émeutiers révèle que peu d'entre eux sont

[1] Toutes les estimations sont données en monnaie courante au moment de l'événement.

issus de milieux défavorisés: l'ensemble de la population s'est donc allié à cette cause. Le fait que plusieurs émeutes éclatent au même moment dans plusieurs villes du pays distantes de centaines de kilomètres, avec la même organisation et s'attaquant à des cibles de même type, prouve que ces mouvements sont coordonnés par l'intermédiaire de moyen de communication instantanée: réseaux sociaux et téléphones mobiles.

Les émeutes grecques connaissent une accalmie en 2009 avant de reprendre en 2010, dans une situation économique européenne particulièrement dégradée. Menacé par une dette représentant 13% du budget de l'état en 2010 et menaçant la stabilité de la zone euro toute entière, le parlement grec vote le 06 mai 2010 un plan de mesures drastiques mais impopulaires en échange d'une aide de l'Union Européenne et du Fonds Monétaire International. Parmi ces mesures impopulaires on peut citer la hausse généralisée de la Taxe sur la Valeur Ajoutée, de nouvelles taxes sur l'alcool et le tabac et la baisse des retraites. Moins de 40% des personnes interrogées dans les sondages à cette époque font confiance au gouvernement pour rétablir une situation économique viable. Dans les semaines qui suivent cette annonce, de nombreuses émeutes éclatent. Elles prennent fin avec la mort tragique de trois personnes durant les journées de violences : trois employés d'une banque périssent à l'intérieur du bâtiment en flamme, ne pouvant être secourus par les pompiers bloqués à l'entrée par les émeutiers, les incendiaires. L'opinion publique se retourne alors contre les manifestants et le mouvement s'épuise rapidement. Des émeutes éclatent encore très ponctuellement en 2011 et 2012 mais nous ne pouvons pas y rattacher de pertes assurancielles connues.

La conclusion que nous pouvons formuler est que les émeutes sont d'abord déclenchées en Grèce par un profond sentiment d'inégalités sociales, par l'absence de réactions des autorités publiques aux revendications des manifestants et sont rendues possibles par l'usage de moyens de communication instantanée. La crise européenne de la dette est le facteur qui vient raviver les tensions plus d'un an et demi après les premières manifestations.

Les pertes humaines (4 personnes) apparaissent comme miraculeusement faibles pour des émeutes de cette ampleur. Les conséquences assurantielles sont chiffrées à 200 millions d'euros[1]. Les pertes financières, conséquences directes des émeutes, sont estimés à 25 milliards d'euros par l'OCDE. Le coût global de cet événement est difficilement

[1] source: Vassilis Korkidis, vice-président de la Confération Nationale du Commerce grecque (reuters.com, 12/2008) et étude AXCO, 12/2008.

chiffrable puisqu'il faudrait y ajouter la dépréciation des intérêts internationaux en Grèce devant la difficulté qu'éprouve le gouvernement à gérer la situation. Le Fonds Monétaire International a avancé le chiffre de 2300 milliards de Dollars[1] pour la crise financière grecque dans son ensemble, entre 2008 et 2010.

La perte brute ou en montants assurés pour les événements émeutes est difficile à évaluer, il n'existe pas à ce jour d'autorité internationale ayant répertorié les principales émeutes dans le monde ces dernières années et les pertes associées.

Il n'y a pas d'estimation connue de la perte marché pour les grandes émeutes de Jakarta en Indonésie en 1998 par exemple. Les chiffres donnés pour les événements en Asie sont généralement assez contradictoires. Concernant les émeutes en Thaïlande en 2010, les dommages assurés sont estimés entre 500 millions et 1 milliard d'euros[2].

De nombreuses estimations sont données pour les événements du Printemps Arabe de 2011: environ 120 millions d'euros en Egypte d'après la Fédération Nationale d'Assurance Egytienne[3]. Pourtant, le marché de l'assurance en Egypte est - bien qu'en pleine croissance - très petit : il ne représente que 1,2% du Produit Intérieur Brut en 2011, selon cette même fédération. De plus, ces émeutes ont été déclarées comme violences politiques par le gouvernement et seulement 3% des contrats les garantissent[4]. On peut donc légitimement penser que les pertes réelles (brutes des conditions d'assurance) sont considérables. L'estimation pour la Tunisie dans le même temps est de 100 millions d'euros[5]. Les acteurs du marché de l'assurance au Maghreb sont unanimes: une forte hausse de prix de la réassurance ont suivi les événements du Printemps Arabe[6].

Les protestations turques de 2013 semblent se différencier des manifestations du Printemps Arabe. En effet, le profil des manifestants ne se limite plus aux classes populaires et la motivation n'est pas pro-démocratique: il y a uniquement rejet du régime en place. Le chômage, qui était une des explications mise en avant pour le soulèvement des pays voisins, ne semble pas être en cause ici puisqu'il est relativement faible : 8%. Le Produit Intérieur Brut stagne depuis plusieurs années et cette absence de croissance est

---

[1] http://news.bbc.co.uk/2/hi/8632855.stm

[2] APREF.

[3] Article *Egypt's evolving insurance market* du quotidien Daily News Egypt, 27 mai 2013.

[4] Alaa al-Zuheiry dans l'article *Authorities study insurance claims amid political violence*, Egypte Indépendante, 20 août 2013.

[5] APREF.

[6] *Rising instability pushes reinsurance compagnies to raise the price of their political violence policies*, Daily News Egypt, 16 juillet 20130.

pointée du doigt par les premiers manifestants. La contestation politique reste la principale explication[1]. Le premier juin, quarante mille personnes participent aux manifestations qui occupent les principales infrastructures qui desservent la place Taksim à Istanbul. Les émeutes se propagent rapidement à Ankara, Izmir, Adana et Konya. Le quatorze juin, les manifestants interpellent le premier ministre Erdogan via les réseaux sociaux en utilisant le "hashtag" #cevapver ("réponds"). L'estimation économique des pertes est très variable, les économistes s'intéressant surtout aux conséquences pour le secteur du tourisme. De façon surprenante, aucune violence n'est enregistrée pendant les élections présidentielles de 2014. Des émeutes ont bien lieu en 2014, elles font suite à des décisions politiques impopulaires: contrôle d'internet et censures massives d'écrits occidentaux.

Nous avons à ce jour trop peu de recul sur les événements ukrainiens de 2014 pour en tirer des conclusions sérieuses.

Il est également fréquent d'observer en parallèle de manifestations sportives, des manifestions avec un bien moins bon esprit. On peut citer pour exemple les émeutes lors de la coupe de hockey (la *Stanley's cup*) à Vancouver en 1994[2]. Le cas du Brésil en 2014 montre que la sur-médiatisation qu'offre la coupe du monde de football favorise l'émergence de mouvements populaires. Dans une moindre mesure, le même phénomène a été observé après le dernier match pour le championnat de France et la victoire du PSG, avec des dommages limités (quelques dizaines de voitures brûlées et des vitrines vandalisées) Le football n'est pas le seul sport en marge duquel des phénomènes de violence sont remarqués[3]. La présence d'une compétition sportive internationale dans un pays est donc un facteur aggravant à suivre pour une bonne gestion du risque GEMP.

Il faut également noter un phénomène anniversaire: un pays ayant connu des émeutes une année peut en connaître à nouveau l'année suivante autour des mêmes dates, sans autre motivation pour les émeutiers que le rappel des revendications passées.

L'importance des médias via internet et les réseaux sociaux peut encore être illustrée par le soulèvement postélectoral en Iran en juin 2009, qualifié de "révolution Twitter" par CNN et le quotidien français Libération notamment[4]. Ceci confirme qu'internet est perçu comme un "espace de liberté et une source d'information privilégiée des médias occidentaux".

---

[1] Andrea Briedé, Intelligence & Analysis, RiskAdvisory, 21 juin 2013.

[2] source: Swiss Re Sigma 2011.

[3] www.llyods.com/news-and-insight-news-and-features/geopolitical/geopolitical-2011/political-unrest-and-major-sporting-events

[4] Sylvain Mouillard, Iran, la révolution twitter, Libération, 15 juin 2009.

2.1.2 Variables explicatives

L'histoire en mathématiques

S'il y a des principes généraux qui dessinent les formes de l'histoire, nous devrions être capable de les capturer avec des modèles mathématiques. Mais croirez-vous qu'un modèle mathématique peut prédire, avec une précision surprenante, où et quand les grandes civilisations apparaissent? [...] Mes collègues et moi avons récemment développé un modèle de ce type. (Peter Turchin, traduction libre)

Il ne s'agit pas ici de l'histoire *des* mathématiques mais bien de l'histoire *en* mathématiques[1], c'est à dire de l'effort de certains scientifiques pour expliquer les grands phénomènes sociétaux à l'aide de modèles mathématiques. Cette discipline est appelée "cliodynamique"[2]. Pour l'utilisation de modèles économétriques et statistiques, on parle de "cliométrie"[3].

Les lecteurs de romans de science fiction auront reconnu la "psychohistoire" du professeur Hari Seldon, personnage d'Isaac Asimov. Dans *Foundation* , il construit un modèle mathématique décrivant le passé pour prédire la chute de l'Empire Galactique. La cliométrie connaît aujourd'hui des développements plus sérieux: Douglass North et Robert Fogel reçoivent en 1993 le prix Nobel d'économie pour leurs travaux dans cette discipline.

Bien sûr, nous ne cherchons pas à valider ou invalider les thèses avancées par les chercheurs en cliodynamique mais nous étudions les facteurs qu'il utilisent et le type de modélisation qu'ils préconisent. Un des précurseurs de cette nouvelle branche des sciences économiques, Peter Turchin, propose quelques éléments de modélisation qu'il est intéressant de reprendre ici.

Peter Turchin reprend la théorie de la structure démographique pour expliquer les tensions sociales à un niveau macroscopique. Cette théorie propose de relier l'instabilité politique (les guerres civiles, les révolutions, les émeutes et les idéologies radicales) aux interactions entre trois grands ensembles de la société : l'état (ses revenus, ses dépenses, sa dette et sa légitimité), les élites (leur nombre, leur richesse et leur influence) et la population (démographie, urbanisation, structure des âges, revenu moyen etc) Il précise qu'il n'utilise que des méthodes statistiques classiques et pas des données massives. Il

[1] Les modélisations mathématiques que nous présentons sont en réalité l'application de concepts plus anciens développés notamment par les philosophes allemands Hegel (1770-1831) qui décrit l'Histoire comme un "processus rationnel", et Marx (1818-1883), le "matérialisme historique".

[2] Pour plus de détails: Laura Spiney, *History as science*, Nature, 2 août 2012.

[3] Dans la mythologie grecque, Clio est la muse de l'histoire (de "kleo", célébrer, chanter).

développe plusieurs modèles pour la modélisation de phénomènes à long, moyen ou court terme : nous ne nous intéressons qu'au modèle de prédiction d'instabilité politique et sociale à court terme.

Un indicateur de tension politique Ψ se construit de la façon suivante[1]:

$$\Psi = \mathrm{PMM} \times \mathrm{PME} \times \mathrm{AEE} \tag{1}$$

Où PMM représente la Potentielle Mobilisation des Masses et peut s'écrire comme

$$\mathrm{PMM} = \omega^{-1} \frac{N_{urbain}}{N} N_{20-29}$$

avec ω le revenu moyen des actifs, $\frac{N_{urbain}}{N}$ le taux d'urbanisation et N_{20-29} la part de la population entre 20 et 29 ans. On retrouve l'importance des populations jeunes, bien évidente après l'étude des événements historiques. Les "clairons de la jeunesse", nous dit Turchin. Le second terme, PME pour Potentielle Mobilisation des Elites se rapporte aux phénomènes économiques de compétition et de surproduction de la classe la plus favorisée de la population. On peut l'écrire comme

$$\mathrm{PME} = \varepsilon^{-1} \frac{E}{N}$$

avec ε le revenu moyen des élites et $\frac{E}{N}$ la part des élites dans la population. Nous utiliserons également dans la suite un indicateur des inégalités des revenus. Turchin propose dans ce même article des dynamiques pour les paramètres de son modèle qui ne seraient pas directement mesurables, notamment la part des revenus des élites par rapport aux revenus des actifs.

Le dernier terme, AEE ou Angoisse face à l'Economie de l'Etat peut s'écrire comme:

$$\mathrm{AEE} = \frac{Y}{G} D$$

où Y est la dette totale de l'état, normalisée par le Produit Intérieur Brut G. D est un indicateur du manque de confiance dans les actions du gouvernement. Nous reprendrons des indicateurs du même type dans la suite de notre étude.

Si on suit l'évolution de cet indice dans un cas particulier, les Etats-Unis ces cinquante dernières années, on remarque que la tendance est stable entre 1960 et 1980,

[1] Les notations par rapport à l'article original peuvent changer. Nous avons également opérer quelques simplifications pour la bonne compréhension et pour la cohérence avec la suite.

franchement haussière depuis 1980 et à croissance exponentielle depuis 2000. Si la tendance est claire, l'indice ne permet pas de prédire une émeute ponctuelle : le climat actuel serait dix fois plus propice aux émeutes qu'en 1992, lors des émeutes de Los Angeles! L'échelle de temps est très large : cet indice est utilisé à la fois pour l'analyse de la situation contemporaine des américains et des révolutions françaises et anglaises il y a bientôt quatre siècles. Nous n'utiliserons pas les résultats obtenus par Turchin avec son indice. Néanmoins, les facteurs comme la dette des états et les inégalités dans la population sont représentatifs des situations de tensions économiques et sociales décrites dans les études de cas précédentes. Nous verrons dans la suite comment il est possible de construire un indice qui sera plus sensible, à l'aide de données exhaustives et sur une échelle de temps beaucoup plus courte. Nous retenons donc de cette modélisation proposée par Turchin, les facteurs favorisant l'émergence d'émeutes.

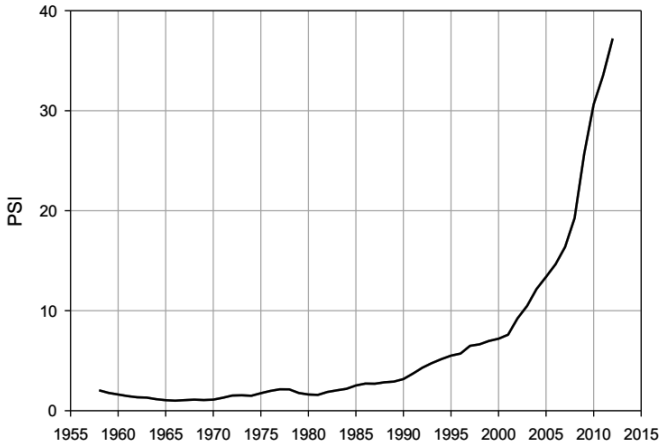


Figure 5 : Indicateur de tension politique de Turchin pour les Etats-Unis entre 1958 et 2012.

D'après le bureau national américain de la démographie, un pic pour la tranche des 20 à 29 ans doit être observé en 2018. Ce nouveau coup de "clairon de la jeunesse" serait, d'après Turchin, l'élément déclencheur de nouveau mouvements sociaux. La conclusion assez inquiétante est que notre civilisation devrait connaître une vague d'émeutes, d'attentats et d'attaques terroristes autour de 2020.

Au regard des événements historiques détaillés précédemment, il nous a semblé pertinent d'inclure dans la suite l'influence des technologies de communication et d'information, trop récentes pour être incluses dans les recherches de Turchin.

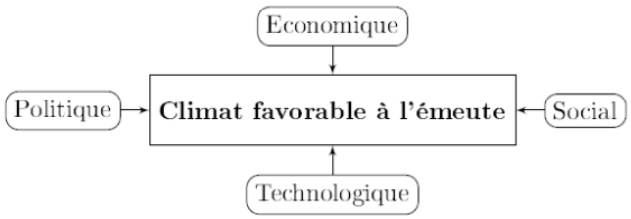
Facteurs d'émergence de l'émeute

De nombreuses études sociologiques permettent de lister des facteurs d'influence pour l'émergence des émeutes. Nous citons par exemple la stabilité politique, l'inflation, le fractionnement ethnique et religieux, la croissance démographique ou de l'urbanisation.

Nous commençons par signaler que la littérature détaille largement l'influence du prix des denrées alimentaires dans l'apparition de conflits. Les émeutes de la faim sont naturellement très fortement corrélées à cette variable. En effet, durant l'année 2008 le prix des denrées alimentaires mesuré par l'indice des Nations Unis s'est envolé. On observe cette même année plus de 60 émeutes massives dans plus de 30 pays d'Afrique. Si cette analyse est évidente pour les pays africains, des chercheurs défendent que toute manifestation sociale est d'une manière ou d'une autre une crise alimentaire et que cette variable pourrait être la seule variable d'étude pour l'émergence d'émeutes. L'importance de cette variable est croissante: le besoin en énergies nouvelles stimulera certainement dans l'avenir le besoin en céréales pour la production de bioéthanol.

Il ne sera pas possible de distinguer dans la suite de nos travaux les émeutes directement reliés à cette hausse des prix des aliments[1] des autres émeutes. Nous garderons donc à l'esprit l'importance de cette variable, sans pour autant l'inclure explicitement dans notre modèle. Il est intéressant de noter que certains auteurs proposent un seuil pour le prix des aliments à partir duquel les manifestations deviennent plus probables. Nous reviendrons sur cette idée de seuil dans la partie suivante.

Pour présenter les facteurs d'émergence de l'émeute intégrés à notre étude, nous utilisons un outil sur les influences des facteurs macro-environnementaux sur les organisations : le diagramme PEST.



Pour affirmer l'importance de la sphère politique et économique dans l'émergence d'émeutes, on peut commencer par citer quelques travaux provocateurs défendant que les

[1] Les émeutes de la faim.

interventions de régulation de la Banque Mondiale ont un effet négatif sur les mouvements populaires[1]. En effet, les conditions fixées par l'agence internationale en l'échange de prêts demandent aux états des réductions budgétaires importantes. Cela se traduit en pratique par un ralentissement de la croissance économique et des restrictions en matière de dépenses de santé ou d'éducation qui sont mal perçues par la population. L'exemple grec vient appuyer cette thèse. Par conséquent, la dette nette des pays, calculée en pourcentage du PIB, est une des variables de notre modèle.

De nombreux indicateurs de stabilité politiques sont disponibles, nous ne pourrons pas tester l'ensemble de ces indicateurs dans notre modèle de régression. De fait, il est préférable de rester critique quant aux indicateurs que nous utilisons: certains indices comme l'*Index of Economic Freedom* de la fondation HERITAGE, reflètent peut-être davantage l'opinion des personnes qui les créent que la réalité économique[2]. D'autres indicateurs sont très fortement corrélés entre eux[3], or l'indépendances des variables dans les modèles de régression est une hypothèse très importante qui sera testée.

L'Indicateur de Gouvernance Mondiale[4] développé par Kaufmann et Kraay[5] pour la Banque Mondiale mesure la qualité de la gouvernance, c'est-à-dire la pérennité des traditions et des institutions gouvernementales. En ce sens, c'est un indicateur de stabilité politique. Il est disponible annuellement depuis 1996 pour 215 pays du monde. Cet indicateur synthétise plusieurs facteurs déjà mentionnés : l'expression de la démocratie lors des élections, l'efficacité du gouvernement dans ses décisions, le contrôle de la corruption etc. Il s'agit d'un indicateur composite très utile pour l'étude de l'influence de la sphère politique dans l'émergence de violences [6].

---

[1] l'article de Hsieh analyse l'effet de l'implication de la Banque Mondiale sur l'apparition des émeutes avec un modèle probit. Les résultats sont significatifs.

[2] Cet indice est construit à partir de 50 variables couvrant principalement les politiques économiques. Le Wall Street Journal est partenaire de la fondation Heritage dans ce projet. La fondation Heritage est un lobby conservateur américain, financé en partie par Richard Mellon Scaife, connu pour son soutien aux politiques anti-communistes de Reagan et à plusieurs personnalités politiques d'extrême droite.

[3] D'après l'étude de Goujon, les deux indices de perception de la corruption Transparency International et Kaufmann-Kraay présentent une corrélation linéaire de 71%. De même, beaucoup d'indices de liberté économique incluent une mesure de la politique monétaire qui est en fait une moyenne pondérée du taux d'inflation annuelle : tester simultanément un indice de ce type et un indice d'inflation n'aurait donc pas de sens.

[4] *The Worldwide Governance Indicators* (WGI), la documentation complète est disponible à info.worldbank.org/governance/wgi

[5] Il est couramment appelé "indice de Kaufmann et Kay", M. Mastruzzi (Banque Mondiale) participe également à sa construction.

[6] L'article cité en référence présente (p. 16) des probabilités des violences de masses (génocides, guerres civiles etc) basées sur ces indices. Il est également question de périodes de retour affectées à ces événements. Il n'y a malheureusement pas de détails sur les méthodes utilisées pour les obtenir.

Le nombre de violences enregistrées est une des dimensions supplémentaires intégrées à cet indicateur, qui est donc également le reflet de l'historique des émeutes dans un pays.

Ces éléments très subjectifs sont évalués par sondage: plusieurs *think tanks* et organisations non-gouvernementales jugées experts en matière de gouvernance sont interrogées.

Le coefficient de Gini est un indicateur synthétique sur la distribution des revenus, il varie de 0 à 1. Il est de 0 dans la situation hypothétique ou toute la population a le même revenu. Il y a alors égalité des revenus. Il est de 1 dans la situation hypothétique où une personne a tout le revenu. Il y a inégalité totale. Il est parfois multiplié par 100, il varie alors entre 0 et 100. Les inégalités sont très faibles dans les pays scandinaves, moyennes si on considère l'ensemble des pays de l'OCDE et forte en Turquie ou au Mexique. Cet indicateur est essentiel dans le suivi du risque GEMP[1]. Il est assez stable dans le temps: l'évolution des coefficients s'observe en général sur une ou plusieurs décennies. De plus, ces coefficients ne sont pas disponibles pour toutes les années et tous les pays, nous les considérons donc comme des constantes par pays dans la suite de l'étude. Cet indicateur synthétique mesure dans notre travail les inégalités sociales, qu'il est indispensable de prendre en considération comme facteur d'émergence des émeutes.

2.1.3 Comparabilité des événements et des pertes marché

La description des événements historiques répond à un double objectif : l'analyse empirique de la causalité et la compréhension des sinistres.

Les causes supposées permettent de définir les variables d'intérêts dans la partie suivante. Les conséquences de ces émeutes, c'est-à-dire les pertes assurantielles, sont directement utilisées dans la modélisation du coût. Les articles consultés font souvent référence à un même climat propice à l'émergence d'émeutes mais une "étincelle" est souvent à l'origine de l'éclat de violences. Les éléments déclencheurs sont de nature très diverses, les pertes engendrées varient largement d'un événement à l'autre. En effet, l'analyse d'un risque émergent doit s'appuyer, même dans une approche par scenario, sur une analyse des pertes subies par le marché comme par l'entité d'assurance pour laquelle l'étude est menée. Cette analyse devra être d'autant plus fine que le volume de données est réduit.

[1] Laza Kekic, *Will 2010 be a year of social unrest.*, The Economist Intelligence Unit

Etant donné sa position globale des entreprises de réassurance, il est souvent possible de répertorier les principaux sinistres au niveau mondial. Néanmoins, les données des entités cédantes ne sont classiquement transmises qu'à partir d'un seuil atypique susceptible d'impacter les programmes en place. De plus, comme nous l'avons déjà signalé, certains sinistres consécutifs à l'émeute sont difficilement identifiables car classés comme sinistres « incendie ».

Nous vérifierons l'exhaustivité des données en comparant les pertes enregistrées aux indications de pertes marchés. Nous devons alors vérifier la relation suivante :

$$\text{Perte de l'entité} = \text{Part de marché} \times \text{Perte marché} \tag{2}$$

La part de marché est donnée par des études réalisées en interne, par pays et par secteur d'activité. Si la relation précédente est vérifiée[1], les pertes enregistrées dans les bases sinistres seront considérées comme exhaustives et pourront être exploitées dans la suite de l'étude.

Une étape clef consiste à modifier les données de la sinistralité historique et ainsi constituer ce que l'on appelle une statistique *as-if*, c'est-à-dire comparable à l'année en cours.

L'idée est qu'un sinistre de 100 en 2000 n'est pas comparable à un sinistre de 100 en 2013, du fait de l'évolution économique et de l'inflation. Notre indexation prend en compte l'inflation pays par pays et la composition du portefeuille via le total des sommes assurées. Nous considérerons que les sommes assurées représentent l'exposition et donc que la fréquence de sinistres est directement liée à cette variable.

Notons également que notre indice d'indexation devrait idéalement refléter les changements de politique de souscription et de sélection des risques. Comme nous l'avons déjà précisé, le marché de l'assurance s'est montré plus frileux à couvrir les risques d'émeutes après l'occurrence d'événements majeurs. Nous ne prenons pas en compte ici ces cycles tarifaires.

Le coût *as-if* d'un sinistre de l'année k vu de l'année n est donné par la formule suivante.

$$Cost_k^n = Cost_k \times \frac{I_n}{I_k} \tag{3}$$

$Cost_k$ représente la valeur du sinistre de l'année k et I_k l'indice d'actualisation de l'année k qui prend en compte les changements du profil portefeuille et l'érosion monétaire.

[1] On s'intéresse aux ordres de grandeur et pas aux montants exacts.

2.2 Indicateur synthétique de risque

Cette partie détaille la construction de cartes de risque avec une vision interne à partir d'un indice prédictif. Cette cartographie sera prédictive et pourra être générée à partir de données externes fiables et projetables. Croisée à une carte des expositions, elle répond à un besoin de gestion et de suivi du risque.

Les techniques de régression mises en place dans la suite permettent la détection d'un climat propice aux violences mais nous ne prétendons pas ici prédire de façon certaine les violences collectives et les pertes assurantielles asssociées.

2.2.1 Données massives

Doit-on se priver de technologies qui permettent de détecter des épidémies, des émeutes ou d'optimiser les secours après une catastrophe naturelle et d'aider à faire progresser la science dans la découverte de nouveaux traitements médicaux ? Autant de possibilités pourtant offertes par les technologies Big Data. (Actifs l'AGEFI, n.630 p.36, juin 2014)

Ce sujet est particulièrement d'actualité, il est donc largement débattu dans les journaux spécialisés et dans les articles de vulgarisation scientifique. En effet, la croissance des données disponibles est plus qu'exponentielle : 90% des données aujourd'hui disponibles dans le monde ont été créées il y a moins de deux ans[1].

Les assureurs s'intéressent donc de près aux données massives, qui suscitent encore aujourd'hui l'enthousiasme du grand public. Par exemple, 70% des français seraient prêts à poser un capteur dans leur véhicule si leur bonne conduite au volant permet de réduire leur prime d'assurance, les plus jeunes étant les plus réceptifs à cette proposition[2]. Le groupe AXA profite de cette bonne relation assureur-assuré pour proposer une application mobile (AXA DRIVE) analysant les (mauvaises) habitudes de conduite et proposant de les améliorer. Néanmoins, si le seul objectif de l'assureur est de renforcer la sélection de ses risques, il est possible d'observer à moyen terme un phénomène de rejet de l'assuré. Il faut également ajouter à cela l'évolution, possiblement défavorable, de la législation européenne[3].

La communauté actuarielle est également très attentive au développement d'outils permettant une utilisation optimale de ce déluge d'information, les outils classiquement

[1] Source: Commissariat général à la stratégie et la prospective, note d'analyse de novembre 2013.
[2] Source : étude PWC publiée dans Les Echos, 21 juillet 2014.
[3] Est actuellement discuté un projet de Règlement européen qui devrait faire évoluer la loi Informatique et Liberté du 6 janvier 1978, modifiée par la loi du 6 août 2004, encadrant pour l'instant les pratiques *Big Data* en France.

utilisés en statistique étant devenus obsolètes. On peut citer, parmi les nouveaux centres de recherches mathématiques, l'analyse topologique des données, le *Data Mining* etc.

Les possibilités supposées des données massives sont immenses : une jeune *start-up*[1] utilise par exemple les informations publiées sur Twitter pour la prévision boursière et le *trading* en temps réel[2]. Google a également montré qu'il est possible de détecter une épidémie à partir des mots clefs tapés dans son moteur de recherche[3]. Nous avons également observé un pic mensuel dans les recherches du mot *riot* en Grèce lors des événements de décembre 2008, Google pourrait-il également prévoir les émeutes ?

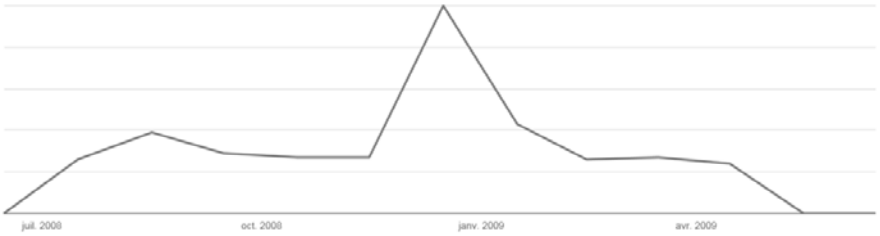


Figure 6: Recherches GOOGLE du mots riot en Grèce entre juin 2008 et juin 2009 (le pic mensuel correspond à 100 recherches, source : Google Trends)

Recenser de manière exhaustive les événements sociaux comme les manifestations, les émeutes, les mouvements populaires, a un niveau mondial et sur une période de plusieurs années, semble tout simplement impossible. Il faudrait (en plus d'être polyglotte) éplucher tous les médias internationaux et répertorier tous les articles faisant référence à des événements de ce type. Une équipe de chercheurs s'est attelé à cette tâche titanesque dans le cadre d'une initiative *Big Data*. Le résultat, qui sera intensivement utilisé dans la suite de ce papier, est présenté dans la section suivante.

La principale difficulté que nous avons rencontrée dans l'utilisation de cette base est la définition des champs que nous voulions inclure dans nos extractions. Ce travail est particulièrement important compte tenu du temps nécessaire pour interroger un tel volume de données. Nous serons bien sûr dépendants de la façon dont la base est renseignée. Nous ne mettons pas en doute la fiabilité des données mais, comme l'illustre un papier publié sur

---

[1] SESAMm.

[2] L'algorithme fonctionnerait déjà sur les indices Dow Jones, S&P 500 et Nasdaq et de nouveaux développements seraient en cours pour le Dax, le FTSE, et le CAC40...

[3] Jeremy Ginsberg *et al.*, *Detecting influenza epidemics using search engine query data*, Nature 457, 1012-1014, 2009.

l'excellent blog d'Arthur Charpentier[1], extraire les informations importantes à partir d'un gros volume d'information, ce qui équivaut souvent mathématiquement à un travail de projection, est assez subjectif...

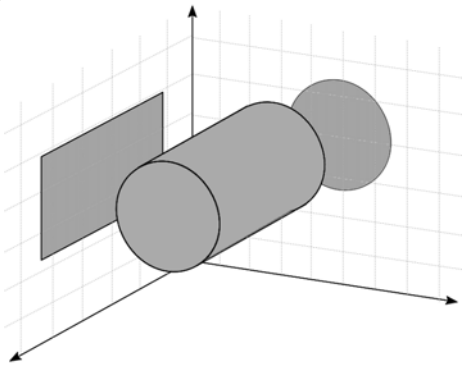


Figure 7 : Illustration géométrique de la subjectivité de l'analyse de données massives. La vision d'un grand volume de données (le cylindre) dépend en effet de l'angle sous lequel on le regarde (les plans de projection), source : Arthur Charpentier

Les études de corrélations effectuées dans la suite (notamment pour la création de l'indice puis des cartes de risque) n'utilisent que des techniques statistiques classiques et pas des techniques propres à l'analyse de données massives.

2.2.2 Une base de données exhaustive pour les événements sociaux

La *Global Database of Event, Language and Tone* (GDELT) promet de répertorier tous les événements sociaux dans le monde, des émeutes et manifestations jusqu'aux visites diplomatiques et appels à la paix. Cette base de données est aujourd'hui la bibliothèque d'évènements du fait de l'homme la plus complète au monde, elle est disponible publiquement et gratuitement depuis le site Internet gdeltproject.org.

D'un point de vue pratique, des machines décortiquent l'actualité des principaux médias pour en extraire un faisceau d'information concernant les événements sociaux. Ceux-ci sont référencés depuis 1979 jusqu'à aujourd'hui. La base est complétée quotidiennement et des mises à jour sont téléchargeables[2]. Concernant les données des émeutes et des manifestations, on remarquera que le volume de données est assez stable depuis 2008 et sera donc jugé utilisable depuis cette date.

[1] freakonometrics.hypotheses.org/12135
[2] Nous utilisons les données téléchargées en mars 2014 pour notre étude.

Kalev H. Leetaru de l'université de Georgetown, Illinois, est à l'origine de ce projet ambitieux qui, selon lui, aurait déjà permis de prédire le printemps arabe. Les mêmes méthodes auraient également été utilisées par la CIA pour localiser Ben Laden en 2011 [1].

Ce chercheur est devenu une référence sur les sujets liés aux données massives et ses utilisations en économie, comme en témoigne son récent engagement auprès du Forum Economique Mondial. Ses travaux suscitent un réel engouement et sont régulièrement cités dans la presse [2].

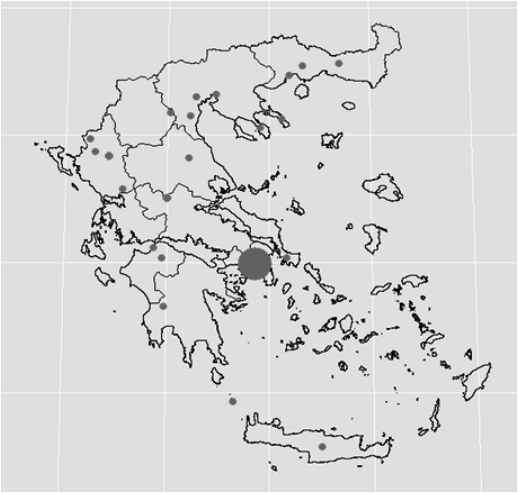


Figure 8: Répartition géographique des émeutes de 2008 en Grèce

De nombreuses initiatives viennent se greffer à cette base de données. Certaines en facilitent l'accès comme le développement cette année du GDELT Analysis Service & Global Knowledge Graph, qui permet la visualisation graphique de certains événements. D'autres proposent une utilisation pratique, c'est le cas des travaux de J. Yonamine qui prédit les violences en Afghanistan. C'est également un des objectifs de cette étude.

Plus récemment, un partenariat avec Google BigQuery permet d'interroger la base à partir de requêtes SQL directement sur internet. L'utilisation des ressources de ce géant du *big data* aurait certainement facilité le traitement des bases et évité leur très longue collection. La GDELT est une extraordinaire source de données par sa taille et

[1] www.wired.co.uk/news/archive/2013-01/25/big-data-end-of-theory
www.cia.gov/library/center-for-the-study-of-intelligence/csi-publications/csi-studies/studies/volume-54-number-1/PDFs

[2] www.bbc.co.uk/news/technology-14841018
www.theguardian.com/news/datablog/2013/apr/12/gdelt-global-database-events-location
tedxtalks.ted.com/video/What-Can-Big-Data-Do-For-You-Ka

l'exhaustivité des domaines renseignés. Ses possibilités ne se limitent pas à cette étude et j'invite le lecteur à consulter la page officielle ou le *weblog* régulièrement mis à jour.

La structure de la base est la suivante: chaque ligne représente un événement. Chaque événement est daté et géo-localisé au format latitude-longitude, ce qui permet de localiser facilement les émeutes historiques sur une carte.

Les événements sont distingués avec précision selon leur nature: il est donc possible de distinguer les émeutes des autres manifestations pacifiques n'impliquant pas de dégâts matériels[1] (manifestations pacifiques, *sitting*, grêves de la faim etc) Les deux parties présentes lors de l'événement sont nommées et leurs principales caractéristiques sont décrites, autant que possible.

Colonne 1	2 à 5	6 à 15	16 à 25	26 à 31	32 à 35	36 à 57	58 à 59
ID	date	émeutier	cible	événement	sévérité	localisation	source

Table 1: Structure globale de la base GDELT

La sévérité peut-être déduite de plusieurs éléments: le nombre d'articles de presse consacrés à l'événement, le nombre d'articles mentionnant (une ou plusieurs mentions) l'événement mais non uniquement consacré à celui-ci et le nombre total de mentions à l'événement[2]. En effet, le nombre d'occurrences indique l'importance que les médias accordent à l'événement et donne donc une idée de son ampleur. Ces informations sont indispensables à l'étude et leur utilisation sera détaillée ensuite.

Des champs de la base sont plus directement liés à la sévérité de l'événement: l'échelle de Goldstein (de -10 à +10) indique l'impact, positif ou négatif, sur la stabilité de l'état. Malheureusement, cette échelle se base sur le type d'événement uniquement[3]. Par conséquent, une émeute impliquant 10 ou 10000 personnes, ne faisant pas de dégâts ou un million d'euros de pertes assurancielles, sera positionnée au même niveau de l'échelle de Goldstein.

[1] Cette distinction entre émeutes impliquant des dégâts matériels et autres type de manifestations (*protest*) n'est pas explicite. Néanmoins, elle peut se déduire facilement par élimination à partir de la dénomination des autres événements dans la même catégorie.

[2] La documentation technique de la base GDELT confirme que ces champs sont des mesures de l'importance de l'événement.

[3] Plus précisément sur le code CAMEO, qui distingue avec précision les événements par leur nature. Le code CAMEO est le même pour toutes les émeutes.

Un champ "Ton moyen"[1] indique si l'article présente le fait dans un vocabulaire plutôt positif ou négatif. Les valeurs sont classiquement comprises entre -10 et +10. Par exemple, un attentat aura une note très faible car sera décrit avec des mots très négatifs. La réconciliation de deux chefs d'états aura au contraire une note positive. Dans le cas des émeutes en Grèce, le "ton" est toujours positif. Cela signifie que les médias associent ces mouvements protestataires à un potentiel changement bénéfique pour la société ou à des revendications légitimes. Le ton moyen est proche de 1 pour les émeutes grecques de 2008, c'est à dire que le ton est assez neutre[2].

Colonne 6	7	8	9 à 15
ID	nom	pays d'origine	caractéristiques
			Appartenance à un groupe une organisation politique une organisation internationale une ethnie, une religion etc.

Table 2: Structure des caractéristiques de l'"émeutier" ou de la "cible", base GDELT

La source renvoie au premier article consultable à propos de cet événement. Il permet de vérifier manuellement, pour les plus gros événements, qu'il n'y a pas d'erreur. La date d'ajout dans la base est indiquée et permet la vérification des mises à jour.

2.2.3 Seuil déclencheur et taux d'émeutes

Seuil déclencheur de pertes assurantielles

Les événements de type émeutes et mouvements populaires sont référencés dans la base GDELT par le code 14[3]. On distingue plusieurs sous-catégories :

- 141, les manifestation publiques
- 142, les grèves de la faim
- 143, les grèves et les boycott
- 144, les blocages et *sitting*

[1] *AvgTone* dans la base.

[2] Nous avons particulièrement détaillé ce champ "Ton Moyen" puisque la documentation technique prend l'exemple des émeutes pour illustrer l'utilité de cette variable. Nous avons montré qu'en pratique, il n'est pas possible d'utiliser ce champs comme mesure de la sévérité de l'événement.

[3] Il s'agit du code CAMEO, chaque code correspond à une grande catégorie d'événements sociaux. Par exemple le code 5 référence les "coopérations diplomatiques", le code 20 les "violences de masse" comme les génocides ou l'utilisation d'armes de destruction massive.

- 145, les manifestations violentes, les émeutes[1]
- 140, d'autres formes de dissidence politique

Nous nous concentrerons naturellement sur la sous-catégorie 145.

Tous les événements, même mineurs, sont répertoriés dans la base GDELT. Pourtant, seules les émeutes les plus violentes sont susceptibles d'engendrer des pertes assurantielles. Or, nous ne souhaitons pas prédire l'ensemble des émeutes mais uniquement celles dont les dommages impacteront significativement les sociétés d'assurances.

Granovetter définit l'émeute par le nombre de participants. Plus les émeutiers sont nombreux, plus le mouvement fédère les gens les moins enclins à manifester. Ce phénomène est décrit en terme de coût pour un individu à se rebeller : ce coût est d'autant plus faible que la taille de l'émeute augmente. Il y a donc dans l'opinion, un seuil à partir duquel les personnes rejoindront naturellement le mouvement : passé ce seuil, une émeute au sens assurantielle peut naître. Nous n'avons malheureusement pas d'indication sur le nombre de participants mais nous savons le nombre de mentions totales dans les médias, que nous appellerons également "occurrence médias".

Si nous agrégions toutes les occurrences médias sans distinction, notre référence pour la construction du taux d'émeute serait fortement "polluée" par des événements sans conséquences assurantielles. Ainsi, nous travaillons uniquement sur les occurrences médias des événements les plus importants. A la manière de Granovetter et en se basant sur l'occurrence médias, nous définissons un seuil au-delà duquel il est fortement probable d'observer une perte assurantielle.

[1] Il est précisé dans la notice technique de la classification CAMEO que cette sous-catégorie référence les manifestations qui ont été suivies de violences, sans que les violences soient la motivation principale du rassemblement et sans savoir non plus si ces violences produisent des dégâts matériels mais non pouvons le supposer.

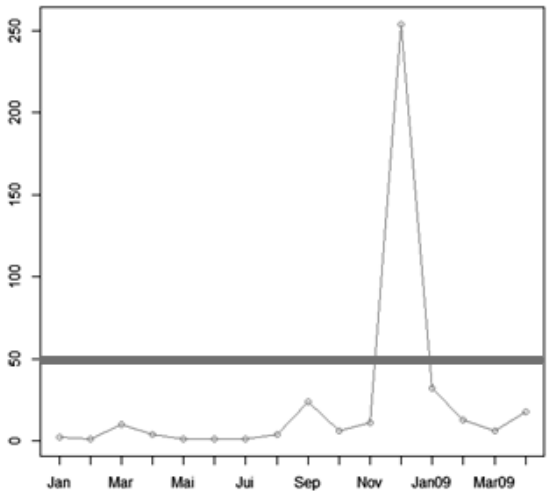


Figure 9 : Occurrences média des émeutes en Grèce en 2008 et définition du seuil

Ce seuil est calibré à partir des événements historiques, les émeutes en Grèce en décembre 2008 par exemple. Le seuil est le même pour tous les pays. Il varie suivant les années. En effet, nous avons de très nombreux événements pour les années les plus récentes et moins d'information pour les années les plus anciennes : les occurrences média varient en conséquence et les seuils reflètent cette hétérogénéité d'information.

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Seuil	20	50	50	100	200	200	500	500

Table 3: Seuils d'occurrences média par année pour la détection d'émeutes assurantielles

Construction du taux d'émeutes La première difficulté rencontrée avec de cette base, outre la lourdeur du traitement, est l'hétérogénéité des informations répertoriées. En effet, la base étant complétée quotidiennement à partir des médias, les événements de l'année 2013 sont sur-représentés, alors que nous avons très peu d'information sur les événements antérieurs à 2006. Nous devons donc trouver un moyen d'agréger ces informations en tenant compte de cette hétérogénéité.

Nous commençons donc par créer un premier indice de normalisation qui correspond simplement au nombre total d'événements présents dans la base, calculé mensuellement. Nous rappelons que chaque ligne de la base correspond à un unique événement. Néanmoins, nous n'agrégeons pas ces événements directement mais utilisons le

nombre d'occurrences dans les médias. Les occurrences médias sont, dans la suite du document, corrigées de ce premier indice de normalisation.

Nous devons également prendre en compte l'effet de la démographie. Les émeutes faisant partie des risques dits « du fait de l'homme », il est logique qu'un pays de 100 habitants connaisse 10 fois moins d'émeutes qu'un pays de 1.000 habitants, toutes choses étant égales par ailleurs. Nous normaliserons donc par la population totale du pays.

Nous rappelons également que les événements dans la base proviennent des lectures automatiques de la presse mondiale. Ainsi, considérons deux pays connaissant 100 émeutes dans l'année, l'un ayant une presse totalement libre et transparente, les journalistes de l'autre étant censurés sur la moitié de leurs articles. Il est alors logique de considérer que nous trouverons 100 événements dans la base pour le premier et seulement 50 pour le second. Nous utilisons pour prendre en compte cet effet l'indice de liberté de la presse publié par Reporter sans Frontières.

Ainsi, le taux d'émeute annuel dans un pays peut s'écrire de la façon suivante.

$$\text{Taux émeutes} = \frac{\#\text{occurrences} \times \text{Indice de presse}}{\sum_{Pays} \text{occurrences} \times \text{Indice démographique}} \tag{4}$$

2.3 Carte de risque

Après un bref rappel des techniques statistiques utilisées, utile pour définir les notations, nous présenterons les cartes de risque produites à partir des variables décrites dans la partie précédente. Ces cartes illustrent les taux "prédictifs" d'émeute avec notre vision du risque GEMP en interne. Des tests des performances de l'indice sont réalisés ensuite et nous terminerons par de recommandations quant à l'utilisation des taux "prédictifs" ou des cartes, pour un *risk manager*.

2.3.1 Modèles linéaires généralisés et critère de sélection

La composante aléatoire du modèle est le vecteur des taux d'émeutes propre à chaque pays. Il est noté Y . Ces variables à expliquer sont indépendantes par hypothèse c'est à dire qu'il n'y a pas de phénomène de propagation d'une émeute d'un pays à l'autre. Dans le cadre des modèles linéaires généralisés, leurs lois appartiennent à une famille de lois spécifiques au modèle et tenant compte de l'asymétrie.

La composante déterministe est l'ensemble des variables explicatives décrites plus haut. Pour chaque $y_i, (i \in [|1, n|])$ on dispose d'un p-uplet X. Dans le cadre des modèles linéaires généralisés, la fonction lien g est obtenue à partir des fonctions liens classiques

et des données. Elle est déterministe, strictement monotone et définie sur $\mathbb{R}$.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + ... + \beta_p X_p + \varepsilon \tag{5}$$

avec $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ | \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} X_1 = (x_{1,1},...,x_{1,n}) \\ | \\ X_p = (x_{p,1},...,x_{p,n})) \end{pmatrix}, \beta = (\beta_0,...,\beta_p)'$ le vecteur des paramètres du modèle et $\varepsilon = (\varepsilon_1,...,\varepsilon_n)$ le vecteur des erreurs.

Nous utiliserons également en pratique un modèle linéaire généralisé avec une fonction lien $g = log$ comme décrit ci-dessous. Nous détaillons ici le modèle classique pour faciliter les notations.

$$g_n(\mathbb{E}Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + ... + \beta_p X_p$$

On note parfois plus simplement $g_n(\mu) = \eta^*$ où $\mu = \mathbb{E}Y$ et η^* est le score.

Les hypothèses du modèle classique sont les suivantes:

- Les erreurs sont d'espérance nulle, homoscédastiques et non corrélées.
- Les X_k forment une matrice de rang plein.

Pour tester la significativité d'un coefficient β_j on l'estime par $\hat{\beta}_j$, sans biais et normal univarié c'est à dire $\hat{\beta}_j$ suit une loi Normale de paramètres ($\hat{\beta}_j; \sigma^2 (X'X)^{-1}_{jj}$). On utilise ensuite un test de Student, on vérifie que $\frac{\hat{\beta}_j}{s(X'X)^{-1/2}_{jj}}$ est de loi de Student à (n-p-1) degrés de liberté, où $s = \frac{\hat{\varepsilon}'\hat{\varepsilon}}{n-p-1}$.

Nous ne traiterons pas les valeurs abérrantes dans nos données. Nous vérifions en effet que ces valeurs correspondent à une réalité de fortes émeutes une année.

La validation du modèle passe par l'analyse des résidus $\hat{\varepsilon}_i = y_i - \hat{y}_i$, $i \in [1,\ldots,n]$. Il nous faut des résidus non corrélés. On teste également leur normalité avec des outils graphiques comme le qq-plot et des tests statistiques (Kolmogorov-Smirnov ou Shapiro-Wilk) L'analyse de l'homoscédasticité se fait ici par des méthodes graphiques.

La mesure de la qualité de l'ajustement du modèle se fait par l'intermédiaire du coefficient de détermination, le R^2. En utilisant les équations normales, on peut décomposer la variance totale sous la forme:

$$\text{SCT} = \text{SCE} + \text{SCR}$$

Où SCT est la Somme des Carrés Totale, SCE (Sommes des Carrés Estimés ou Sommes des Carrés de la Régression) est la variation expliquée par le modèle et SCR

(Somme des Carrés des Résidus) est la variation résiduelle. Et on définit le coefficient de détermination comme suit: $R^2 = \frac{\text{SCE}}{\text{SCT}} = 1 - \frac{\text{SCR}}{\text{SCT}}$

Un modèle expliquant bien les variations présentes dans les données aura donc un coefficient de détermination proche de 1. Un modèle de qualité médiocre, un coefficient de détermination proche de 0. Nous nous baserons essentiellement sur ce coefficient pour l'ajustement de notre modèle dans la suite.

L'indécision quant au choix d'un modèle constitue la dernière partie de l'analyse. En effet, l'ajout de nouvelles variables explicatives réduit la variance du modèle tandis qu'il en augmente le biais. Un compromis optimal entre ces deux élements : ajustement aux données et complexité sera déterminé par des méthodes numériques[1].

Le critère de sélection de variables AIC (*Akaike Information Criterion*) est donné par $\text{AIC}(q) = -2l(q) + 2q$ et le critère BIC (*Bayesian Information Criterion*) est donné par $\text{BIC}(q) = -2l(q) + 2q\frac{ln(n)}{2} = -2l(q) + qln(n)$. Plus généralement, les critères s'écrivent $-2l(q) + 2qf(n)$ où $f(n)$ est une fonction de pénalisation par le nombre de variables explicatives. Le critère BIC à tendance à sélectionner des modèles plus petits (avec moins de variables explicatives) que le critère AIC.

L'algorithme "stepwise" permet d'automatiser le choix de modèle lorsque de nombreuses variables explicatives sont disponibles. Il part d'une équation simple au départ, avec pas ou peu de variables, et ajoute ou retire des variables à chaque étape suivant un critére déterminé

Algorithme 1 STEPWISE

Entrée(s) Y vecteur, X variables explicatives

modèle $\leftarrow \{\ \}$

tant que temps < temps maximum **faire**

$x_i \leftarrow$ nouvelle caractéristique

si critère d'information(x_i , modèle) > seuil **alors**

modèle $\leftarrow$ modèle $+ x_i$

seuil $\leftarrow$ critère d'information(x_i , modèle)

fin du si

fin du tant que

Sortie(s) Modèle

[1] Notons que cet équilibre nécessaire trouve souvent sa solution dans le principe de parcimonie, illustré par le rasoir d'Ockham (1287-1347) : l'explication la plus simple est la plus probable.

Concernant la prévision, il s'agit de prédire Y_{n+1} à partir d'une nouvelle valeur $X_{n+1}' = (1, x_{1,n+1}, \ldots, x_{p,n+1})$. Cette prévision se base sur le modèle ajusté $\hat{Y}_{n+1}^{p} = X_{n+1}'\hat{\beta}$ (avec des notations matricielles) On peut alors définir une erreur de prévision $\varepsilon_{n+1}^{p} = Y_{n+1} - \hat{Y}_{n+1}^{p}$.

On peut construire des intervalles de prévision à partir de cette erreur de prévision. En effet, avec un test de Student comme celui construit précédemment, on sait que la variable $\dfrac{Y_{n+1} - \hat{Y}_{n+1}^{p}}{s(1 + x_{n+1}'(X'X)^{-1} x_{n+1})^{\frac{1}{2}}}$ suit une loi de Student à $n - p - 1$ degré de libertés (on note t_{n-p-1}) et donc l'intervalle de prédiction de niveau $1-\alpha$ est donnée par $\left[\hat{Y}_{n+1}^{p} \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-p-1} s(1 + x_{n+1}'(X'X)^{-1} x_{n+1})^{\frac{1}{2}}\right]$.

Pour le choix de notre modèle, nous utilisons les critéres classiques:

- Vérification que tous les coefficients β_k sont significatifs
- Le coefficient de détermination R^2 [1]
- Le critère BIC

2.3.2 Carte pour une entité

Dans ces travaux, Yonamine utilise également la base GDELT et des méthodes de régressions linéaires pour la prédiction de violences en Afghanistan. La prédiction est réalisée pour chaque district (équivalent de nos régions en France) Son modèle est basé uniquement sur l'historique des conflits, sans aucun facteurs exogène. Le nombre de violence du mois n dépend donc du nombre de violence des k mois précédents et de l'accélération des violences les l mois précédents.

Mathématiquement il se présente de la façon suivante:[2], si on note $MM_k = (violences_t + \ldots + violences_{t-k-1}) / k$ la moyenne mobile sur les k dernières années et $\Delta(MM_l) = violences_l - MM_l$ l'accélération des violences, on peut construire le modèle suivant en deux composantes:

[1] Attention: lorsqu'on augmente le nombre de variables explicatives, on augmente de façon mécanique le R^2, nous aurons donc le souci d'un modèle parcimonieux. Ceci justifie également l'utilisation du critère BIC par rapport au critère AIC.

[2] Ce modèle est simplifié par rapport au modèle de Yonamine pour faciliter la compréhension.

$$C_1^K = \beta_{0,1} + \sum_{k=1}^{K} \beta_{k,1} MM_k$$

$$C_2^L = \beta_{0,2} + \sum_{l=1}^{L} \beta_{l,2} \Delta(MM_l)$$

$$Violences_{t+1} = \beta_0 + \beta_1 C_1^K + \beta_2 C_2^L$$

Ce type de modélisation demande *a priori* de construire un modèle[1] pour chaque pays. Nous avons testé un modèle unifié pour l'ensemble des pays de notre périmètre d'étude. Les contrôles *ex-post* sur les événements historiques n'étaient pas satisfaisants. De plus, nous souhaitions intégrer des données exogènes pour notre modèle.

Par rapport à ce qui a été décrit précédemment, il est nécessaire d'ajouter la dimension temporelle à notre étude. En effet, l'objectif de cette partie est la création d'un indice prédictif du risque GEMP, c'est à dire d'un indice valable pour l'année $t+1$ à partir des données disponibles l'année t. Nous pouvons donc écrire notre modèle:

$$\text{Taux d'émeutes}_{T=t+1} = \beta \mathrm{X}_{T \leq t} \tag{6}$$

où le $\text{Taux d'émeute}_{T=t+1}$ est la variable, construite comme indiqué dans la section précédente, que l'on cherche à expliquer par $\mathrm{X}_{T \leq t}$ la matrice des facteurs utiles à l'étude. Le taux de l'émeute de l'année 2013 dépendra alors uniquement des valeurs des variables d'intérêt en 2012 et les années antérieures. Nous pourrons alors répliquer ce modèle avec les valeurs des variables en 2013 pour obtenir $\text{Taux d'émeute}_{2014}$.

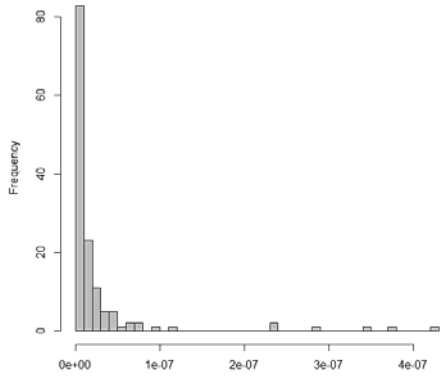


Figure 10 : Taux d'émeute en 2013

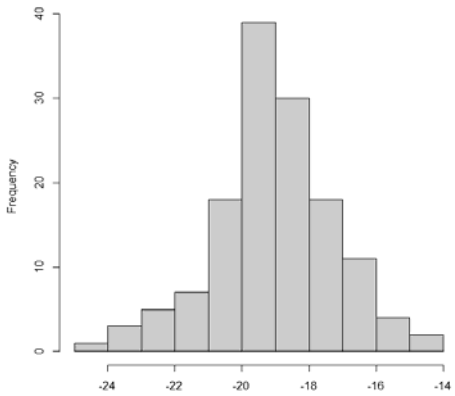


Figure 11 : Log naturel du Taux d'émeute, 2013

[1] Nombre d'années antérieures à observer et estimation des paramètres.

Si nous observons l'histogramme de la distribution du taux d'émeute dans les pays de notre échantillon, nous remarquons une forte asymétrie. Cette observation est classique dans l'étude de phénomène sociaux[1]. On ne peut donc pas utiliser ce taux d'émeute qui ne respecte pas l'hypothèse de normalité. Nous utiliserons pour corriger cela la fonction ln , le log du taux d'émeute ayant une distribution quasi normale[2].

On commencera par effectuer l'analyse mois par mois entre 2006 et 2013. Nous n'avons pas toutes les données avant 2006. De plus, comme nous l'avons vu, le volume de données de la GDELT avant cette date est assez faible. Nous remarquerons que les variables les plus significatives sont souvent les coefficients de Gini, l'indice de la Banque Mondiale et la dette nette de l'état. Lorsque nous appliquons à notre modèle complet (c'est à dire avec $X_{T \leq t}$ incluant toutes les variables d'intérêt) l'algorithme *stepwise* avec le critère BIC, nous remarquons que ces mêmes variables sont souvent sélectionnées dans le "meilleur" modèle. Cette analyse sur base mensuelle est intéressante pour répertorier les variables qui apparaissent toujours comme significatives mais l'objectif reste la création d'un indicateur annuel.

Nous effectuons ensuite le même type d'analyse sur une base annuelle, toujours entre 2006 et 2013. Les résultats sont similaires à ceux obtenus sur une base mensuelle.

Variable	**Coefficient**	**Ecart type**	**Pr(>|t|)**
Constante	-18,16	0,46	$< 2e-16$ ***
Indice Banque Mondiale	-0,18	0,06	0,005 **
Gini	-0,04	0,01	0,0001 ***
Dette nette	0,01	0,003	0,002 **
Utilisation de téléphone mobile	1,56	0,65	0,019 *

$R^2 = 33,43\%$
Valeur p = 1,79e-07

Table 4: Modèle à la l'origine de l'indice pour l'année 2013

On remarque dans le tableau des résultats pour 2013 que les coefficients sont tous fortement significatifs [3]. La valeur des coefficients ne peut pas être interprétée directement. Néanmoins, il est important de noter que le signe est conforme à l'intuition.

La valeur des R^2 peut sembler faible. Dans l'explication des phénomènes sociaux,

[1] D'après Marc Ovimet et son étude en criminologie sur les taux d'homicides par pays.

[2] Ceci pourra être vérifié par des tests d'adéquation à la loi normale, comme on le fait classiquement pour les résidus d'un modèle linéaire.

[3] *Signif. codes: 0 "***" 0.001 "**" 0.01 "*" 0.05 "." 0.1 " " 1*

un coefficient de détermination égal à 33% sera considéré comme convenable. Les coefficients oscillent classiquement entre 30 et 60%. Il est très rare d'observer un coefficient supérieur à 60 % [1].

Variable	**Coefficient**	**Ecart type**	**Pr(> |t|)**
Constante	-15,96	0.40	$< 2e-16$ ***
Corruption	-0.55	0.10	7.99e-06 ***
Transparency			
Gini	-0.05	0.01	1.99e-05 ***
Dette nette	0.01	0.003	0.0496 *
Accès à la santé	0.03	0.01	3.66e-06 ***

$R^2 = 55,02\%$
Valeur p = 2,01e-06

Table 5: Autre exemple de modèle pour l'année 2012

Le Facteur d'Inflation de la Variance (ou VIF pour *Variance Inflation Factor*) quantifie la sévérité de la multi-colinéarité dans une régression linéaire. C'est un indice de l'erreur faite sur l'estimation d'un coefficient du fait de la colinéarité. On considère classiquement que si $\text{VIF} \geq 5$, alors la multi-colinéarité est forte : l'erreur standard sur ce coefficient est plus de deux fois supérieur ($\sqrt{5}$) à ce qu'elle serait si la variable n'était pas corrélée aux autres prédicteurs.

C'est le cas dans notre étude pour la variable relative à l'utilisation d'Internet et le taux d'urbanisation. Ces variables ne seront donc pas incluses dans notre modèle final.

Nous retiendrons finalement les trois variables suivantes:

- Indice de stabibilité politique de la Banque Mondiale
- Coefficients de Gini
- Dette nette de l'Etat
- Utilisation de téléphone mobile

La finalité était, en plus de la création d'un indicateur synthétique, la production de cartes prédictives du risque GEMP. Nous avons construit ces cartes à partir des Taux d'émeute déterminés ci avant.

La carte représente les pays les moins risqués en jaune pâle et les plus risqués en rouge foncé[2]. Nous avons volontairement exclu les Etats-Unis de la modélisation pour trois

[1] D'après M. Ovimet toujours.

[2] Ce choix de légende n'est pas standard au sein de l'entreprise mais il facilite dans ce papier la comparaison avec la carte AON.

raisons :

- absence d'expositions pour l'entité considérée dans ce pays
- surpondération des événements américains par construction de la base GDELT
- cohérence avec la carte Aon

Variable	**Facteur d'inflation de la variance**
Indice Banque Mondiale	2.93
Indice PRS	1.60
Indice de Corruption	4.41
Coefficients de Gini	2.12
CPI	1.30
Inflation	1.40
Chômage	2.24
Dette nette	2.16
Part des dépenses de santé	1.82
Utilisation de téléphone mobile	4.27
Utilisation d'internet	7.14
Taux d'urbanisation	5.88
Croissance démographique	2.10
Taux d'alphabétisation	3.02
Indice d'accès sanitaire	2.92
Fractionnement religieux	1.64
etc.	*etc.*

Table 6 : Facteur d'Inflation de la Variance pour quelques variables testées

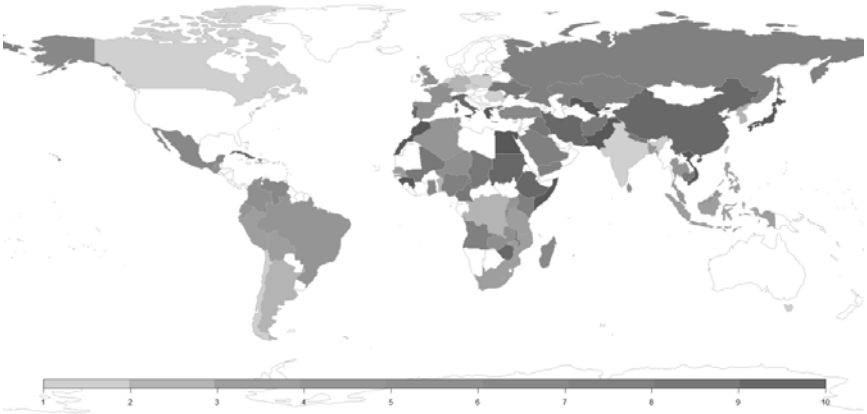


Figure 12 : Carte de l'entité pour le risque GEMP

La carte Aon est assez comparable à la nôtre. Nous sommes plus pessimistes sur la situation dans le sud de l'Europe, notamment en Grèce et au Portugal. Ceci s'explique par une situation économique toujours difficile, particulièrement pénalisante dans notre étude. A l'inverse, nous sommes beaucoup plus optimiste sur la situation en Amérique du Sud, à l'exception du Brésil que nous notons avec un risque modéré à 4 sur une échelle de 10. Aon considére ce pays comme le moins risqué du continent (risque à 1 sur une échelle de 5). Dans ce cas particulier et compte tenu des émeutes lors du mondial de football 2014, le caractère prédictif de notre carte est meilleur que celui de la carte Aon.

Figure 13 : Carte AON pour le risque GEMP, source: AON Analytics

Nous croiserons cette cartographie prédictive du risque avec la carte des expositions de l'entité pour les mêmes zones. Nous entendons par exposition la part des contrats en portefeuille qui inclus cette garantie.

Après la construction d'une carte prédictive, il nous a semblé pertinent d'observer les changements majeurs dans notre vision du risque, d'une année sur l'autre. Notre attention s'est surtout portée sur deux géographies particulièrement importantes pour l'entité étudiée: l'Europe et le Sud-est asiatique. Nous opérons de la façon suivante :

- si $\text{Prédiction}_{2014} \geq (1+\alpha\%)\text{Taux}_{2013}$ alors la vigilance sur ce pays est accrue (en rouge sur la carte)
- si on a l'égalité inverse, la vigilance est réduite (en vert sur la carte)

Figure 14 : Carte "$+1/-1$", focus sur l'Europe et l'Asie du Sud-est

On remarque une modification de notre perception du risque pour plusieurs pays européens. La Grèce a un niveau de risque encore renforcé par rapport à 2013, le Portugal également. A l'inverse, le risque en Turquie semble diminuer. Plusieurs émeutes ponctuelles ont eu lieu cette année à Istanbul mais il n'y a pas eu de manifestations massives lors des élections présidentielles comme l'attendaient certains analystes. Concernant le risque en Asie, la vigilance est renforcée sur le Vietnam. Le début de l'année 2014 nous donne raison : après des revendications territoriales sur des îles en Mer de Chine méridionale, le climat politique entre le Vietnam et la Chine était très tendu et des émeutes ont éclatées à Hanoï et Saigon.

2.3.3 Contrôle ex-post des événements historiques

Les cartes que nous avons produites sont plutôt conformes à la réalité quand on les regarde sur le début de l'année 2014. **Mais est-il possible d'aller plus loin et d'utiliser l'indice pour déterminer une fréquence d'événements assurantiels ?** C'est la question à laquelle nous essayons de répondre dans cette partie. Nous comparons la prévision qui aurait été faite sur la base de notre indice avec le nombre réel d'occurrences médias enregistrés dans la GDELT.

Cette comparaison est faite pour deux pays européens ayant connu de violentes émeutes sur la période 2007 - 2013: la Grèce (2008 et 2011) et le Royaume-Uni (2011 et 2013).

Nous présentons dans chaque cas le tableau des occurrences média réelles et la prévision de l'indice, tel que construit l'année $n-1$ pour l'année n. Nous présenterons également le graphique associé afin de faciliter les comparaisons. Nous commenterons uniquement les graphiques ici; le lecteur pourra constater par lui-même les différences entre les occurrences média réelles et les prévisions de l'indice dans les tableaux.

Dans le cas de la Grèce, on voit que l'indice suit relativement bien la tendance des occurrences média réelles. Entre 2007 et 2010, la prévision est assez fiables. En 2011, on observe un fort pic dans les occurrences média qui correspondent aux émeutes de cette même année. Ce pic n'est retrouvé pour l'indice que l'année suivante. Ceci s'explique par une modification importante dans l'indicateur de la Banque Mondiale utilisé dans notre indice synthétique. La valeur 2011 de cette indicateur tient bien sûr compte de l'historique des émeutes cette même année.

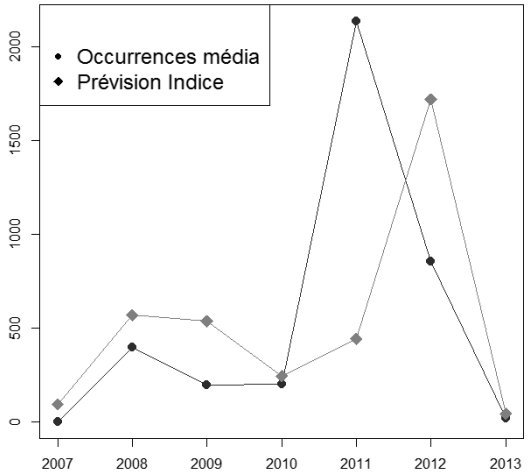


Figure 15: Contrôle ex-post de l'indice pour la Grèce entre 2007 et 2013

Année	Occurrences média	Prévision de l'indice
2007	0	95
2008	397	569
2009	199	536
2010	200	246
2011	2136	443
2012	854	1718
2013	18	45

Table 7: Occurrences média et prévision de l'indice pour la Grèce entre 2007 et 2013

Concernant le Royaume-Uni, le nombre d'occurrences média a été largement sous-estimé pour l'année 2011 (316 occurrences prédites contre 1483 réelles) Nous rappelons que nous avons observé des pertes assurantielles pour ces événements. Néanmoins, si nous observons les *downgrades* des cartes précédentes, nous observons entre 2010 et 2011 un

changement dans la vision du risque GEMP et une vigilance particulière sur ce pays. La prédiction est particulièrement bonne pour 2013, année pendant laquelle de très fortes émeutes éclatent en Irlande du Nord.

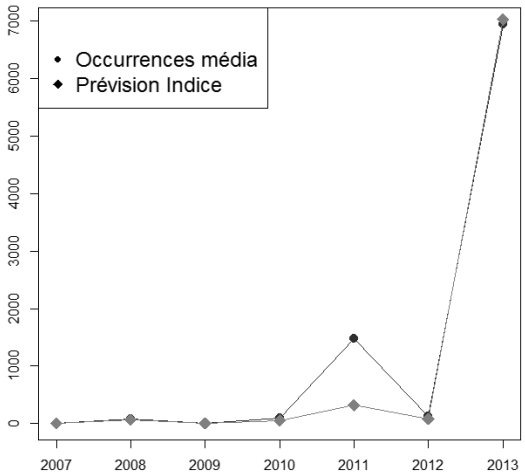


Figure 16 : Contrôle ex-post de l'indice pour le Royaume-Uni entre 2007 et 2013

Année	Occurrences média	Prévision de l'indice
2007	0	4
2008	85	69
2009	0	6
2010	91	57
2011	1483	316
2012	119	83
2013	6948	7025

Table 8: Occurrences média et prévision de l'indice pour le Royaume-Uni entre 2007 et 2013

Les prévisions des occurrences médias via notre indice synthétique sont peu précises. Néanmoins, nous remarquons que cet indice suit la tendance générale des occurrences média présentes dans la GDELT. En particulier, les fortes hausses de l'occurrence média et de l'indice pour une année sont souvent observées simultanément.

Notre recommandation est donc de ne pas utiliser cet indice pour dériver une fréquence d'émeute dans une modélisation quantitative de la perte assurantielle. Nous utiliserons uniquement cet indice avec l'orientation *risk management* qui a été la notre

jusqu'à maintenant: notation des pays du moins risqué au plus risqué et production de carte de risque et vigilance particulière lors de forte variation (carte $+1/-1$).

3. MODELISATION

Dans la partie précédente, nous avons construit un indicateur global permettant de suivre les zones sensibles. Nous avons vu que la prévision des émeutes n'était pas possible à cette échelle mais qu'un indicateur de tendance pouvait être utilisé en gestion du risque. Il s'agit dans cette partie de proposer une modélisation simple pour le risque GEMP. L'objectif est de déduire la perte assurancielle consécutive à l'émeute.

L'approche par scenario est classique en réassurance pour les risques catastrophes mal maîtrisés. Elle a précédé la modélisation stochastique et des scenarios pour les périls majeurs où très peu de données sont disponibles, comme les séismes dits *New Madrid*, sont encore crédibles face aux logiciels vendeurs de modélisation[1]. L'approche par scenario est naturellement traitée dans une première section.

En pratique, il est préférable d'avoir une distribution des pertes plutôt qu'un montant déterministe. Un générateur de risque atypique avec un modèle coût-fréquence permet ce raffinement. La construction d'un tel générateur est détaillée dans une seconde section.

Enfin, une modélisation orienté agent permettrait la prise en compte de facteurs humains propres à chaque individu. Nous donnerons quelques pistes pour ce type de modélisation dans une dernière section.

3.1 Approche par scenario

Pour la construction d'un scenario, nous préconisons le schéma suivant:

- Définition de l'événement
- Historique des pertes assurantielles par ligne d'affaire
- Cartographie des expositions, distribution des valeurs assurées
- Réplication de l'événement dans les conditions actuelles d'assurance
- Hypothèses sur la protection en réassurance

Les trois premiers points sont traités dans les parties précédentes. Le dernier point ne sera pas traité ici.

[1] Pour les Lloyd's par exemple.

Nous commencerons par la construction de scenarii marché faciles à répliquer pour l'ensemble des entités européennes. Nous verrons ensuite comment, par le calcul des concentrations de sommes assurées, obtenir la perte maximale probable pour un portefeuille. Cette dernière méthodologie est semblable à celle utilisée pour la modélisation du risque de terrorisme.

3.1.1 Test sur les événements historiques

L'approche la plus intuitive pour la construction d'un scenario consiste à répliquer un événement historique bien documenté avec les conditions d'assurance actuelles. Nous vérifions ensuite que la perte totale du scenario correspond à l'estimation actualisée des dommages réels consécutifs à l'événement.

Compte tenu de la définition du risque GEMP, de la description des pertes possibles et des lignes d'affaires impactées, nous définissons un scenario émeute à partir des deux paramètres suivants:

- Nombre de voitures brulées pendant l'émeute (la ligne d'affaire dommages aux biens, "automobile")
- Nombre d'immeubles incendiés (ligne d'affaire "risque commercial et industriel")

On rappelle la définition du taux de destruction (ou *Destruction Rate*)

$$DR = \frac{\text{Montant du sinistre}}{\text{Somme assurée}} \tag{7}$$

Nous utilisons comme événement de référence les émeutes grecques de décembre 2008. D'après les différents articles que nous avons lus, nous estimons à 700 le nombre de voitures brulées et à 200 le nombre de bâtiments incendiés. Les montants de pertes sont calculés par multiplication par la valeur assurée moyenne[1] et par un taux de destruction.

$$\text{Perte marché "auto"} = \#\text{voitures brulées} \times \text{Moyenne (sommes assurées nettes)} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Perte marché "commercial"} = {} & \#\text{immeubles endommagés} \\ & \times \text{Moyenne(sommes assurées nettes)} \\ & \times \text{Taux de destruction}\end{aligned}$$

La valeur assurée moyenne est calculée à partir des portefeuilles des entités. Nous faisons l'hypothèse que la valeur assurée moyenne calculée est la même que celle pour le

[1] On utilise la NIV pour Net Insured Value.

marché. Cette hypothèse semble assez réaliste pour la plupart des pays compte tenu de la taille des portefeuilles considérée.

Le taux de destruction correspond au pourcentage de la valeur assurée qui sera indemnisée. Le taux de destruction pour le portefeuille automobile est de 100%. Une voiture brulées est en effet totalement détruite et l'indemnisation sera alors égale à la sommes assurée. Les taux de destruction utilisés pour les risques commerciaux et industriels sont issus des courbes d'exposition propres à l'entité, calibrés pour les risques atypiques de cette ligne d'affaire[1]. Les taux de destruction sont ainsi fonctions des sommes assurées : les sommes assurées les plus faibles correspondent à des constructions plus vulnérables et donc le taux de destruction appliqué est plus élevé.

Pays	**# voitures brulées**	**# immeubles incendiés**	**Taux de destruction**	**Perte marché (M€)**
Grèce	700	200	*DR*	**174**

Table 9 : Scenario marché de référence pour l'émeute

La perte totale dans le cas de la Grèce pour le marché correspond bien aux estimations des dommages réelles[2]. Nous validons ainsi ce scenario marché.

Nous le dupliquons ensuite sur un ensemble de pays[3] pour créer un catalogue de scenarii.

Les deux paramètres de scenario sont obtenus par normalisation des paramètres grecs de la façon suivante :

$$\#\text{voitures brulées} = \#\text{voitures brulées en Grèce} \times \frac{\#\text{total voitures dans le pays}}{\#\text{total voitures en Grèce}}$$

$$\#\text{immeubles endommagés} = \#\text{immeubles en Grèce} \times \frac{\text{population dans le pays}}{\text{population en Grèce}}$$

Le rapport du nombre de véhicules dans le pays par rapport au nombre de véhicules en Grèce semble assez naturel pour les voitures brulées. Pour les immeubles incendiés, nous utilisons comme coefficient de normalisation un rapport démographique. Nous faisons

[1] Dans un souci de confidentialité, ces taux de destruction ne seront pas présentés.

[2] 200M, estimation de Vassilis Korkidis, Président de la Fédération National du Commerce grecque, publiée sur le site Reuters et estimation AXCO identique, pour la seule ville d'Athènes au mois de décembre 2008 (rappel).

[3] Nous dupliquons uniquement le scenario dans des pays où les émeutes peuvent prendre une forme comparable, c'est à dire en Europe. Nous écartons alors les pays d'Asie (Indonésie, Thaïlande, Hong-Kong et Singapour notamment) pour lesquels le scenario semble moins réaliste.

l'hypothèse que plus le pays est peuplé, plus la densité des constructions est importante et que la répartition des sommes assurées sur le territoire est la même pour tous les pays européens[1].

Dans la partie suivante, le calcul des concentrations de sommes assurées dans les zones les plus susceptibles d'être impactées par les émeutes est plus réaliste. Cependant, il ne permet pas l'estimation de la perte pour l'ensemble du marché.

Une perte totale est ainsi obtenue pour les principaux pays européens.

Pays	# voitures brulées	# immeubles incendiés	Taux de destruction	Perte marché (M€)
France	4.000	1.200	DR_1	446
Royaume-Uni	3.450	1.100	DR_2	345
Italie	4.200	1.100	DR_3	402
Espagne	3.000	860	DR_4	316
Portugal	600	190	DR_5	68
Ireland	250	84	DR_6	31
Belgique	600	200	DR_7	74
Allemagne	5000	1.500	DR_8	951

Table 10 : Scenarii marché pour l'émeute

Une estimation de la perte pour une société d'assurance particulière peut être déduite par simple multiplication par sa part de marché. Les parts de marché sont souvent indiquées par les grands groupes dans leur rapport annuel d'activité. On pourra utiliser la part pour l'ensemble de la branche non-vie si la segmentation par ligne d'affaire (automobile, risques commerciaux et industriels) n'est pas disponible pour certains pays.

3.1.2 RDS et lien avec la modélisation du terrorisme

Définition: RDS

Un RDS (*Realister Disaster Scenario*) est un scénario déterministe construit à partir de l'observation d'une réalisation historique du risque afin de mesurer l'impact, notamment financier, d'une nouvelle réalisation de ce risque.

[1] Source: destatis.de

Les réassureurs développent une bibliothèque de RDS pour les périls non maîtrisés et les périls émergents. Chaque année depuis 1995, les Lloyd's de Londres publient un catalogue de scenarii pour les catastrophes naturelles comme le séisme à Los Angeles et le typhon au Japon, mais également pour les catastrophes humaines comme la collision d'avions ou de navires et l'attaque terroriste. Nous avons déjà signalé en première partie la proximité entre le risque GMEP et le risque terrorisme. Gordon Woo, responsable de l'étude de ce péril pour l'agence de modélisation RMS, ne semble pas distinguer clairement le terrorisme de la guerre civile ou de l'émeute. La modélisation du péril terrorisme possible avec la plateforme *RiskLink* inclurait donc les pertes consécutives aux émeutes.

Nous proposons de revenir ici plus en détail sur l'approche par scenario développée par les principaux acteurs du marché pour le risque de terrorisme.

Le risque terroriste prédominant concerne l'hypothétique explosion d'une bombe dans une zone densément peuplée.

Les attaques chimiques, biologiques, nucléaires et radiologiques (*Chemical, Biological, Nuclear and Radiological* ou CBNR) ne sont pas inclues dans l'approche classique. La modélisation de ces périls est possible mais est très différente des risques d'explosions, les particules toxiques étant portées par les vents. D'autres RDS peuvent alors être construits mais ces risques sont généralement exclus des polices d'assurance et des traités de réassurance. De la même façon, les garanties GEMP comportent souvent l'exclusion de la guerre et de la guerre civile.

Une difficulté majeure pour la définition de l'événement est la localisation de l'attaque. Les pertes humaines potentielles et la valeur du symbole sont les deux facteurs prédominants dans le choix de la cible pour une attaque terroriste. Les cibles les plus probables sont donc les bâtiments du gouvernement, les centrales nucléaires, les aéroports, les quartiers d'affaires etc. RMS a recensé 3400 cibles potentielles répondant à ces critères sur le sol des Etats-Unis, pour une bibliothèque de plus de 78000 événements. De la même manière, les Lloyd's proposent des scenarii centré sur Rockefeller et Manhattan à New-York.

Les premières questions à se poser sont donc: **où sont mes principales concentrations d'expositions ?** Y a-t'il des cibles à haut risque à proximité? En utilisant un scenario standard du marché (par exemple l'explosion d'un camion contenant deux tonnes d'équivalent TNT sur le site le plus proche) mon portefeuille est-il impacté au-delà des seuils fixés par le management? Quelle ligne d'affaire, quelle zone géographique ou

quel type de site engendre les pertes les plus significatives pour mon portefeuille? Enfin, est-il possible d'obtenir la distribution des pertes ?

Figure 17: RDS pour une attaque terroriste dans le centre de New-York, source: Lloyd's

On choisit classiquement de représenter l'explosion par des disques concentriques, centrés sur le lieu de l'attaque. Dans un rayon très proche, les pertes matérielles et humaines sont importantes et plus on s'éloigne du centre de l'attaque, moins le taux de destruction est élevé.

Description	Zones endommagées	Taux de destruction
Effondrements de bâtiments et incendies	Dans un rayon de 200m	100%
Débris importants impactant les bâtiments environnants	rayon de 400m	25%
Débris légers impactant les bâtiments environnants	rayon de 500m	10%

Table 11: Caractéristiques du scenario terrorisme des Lloyd's

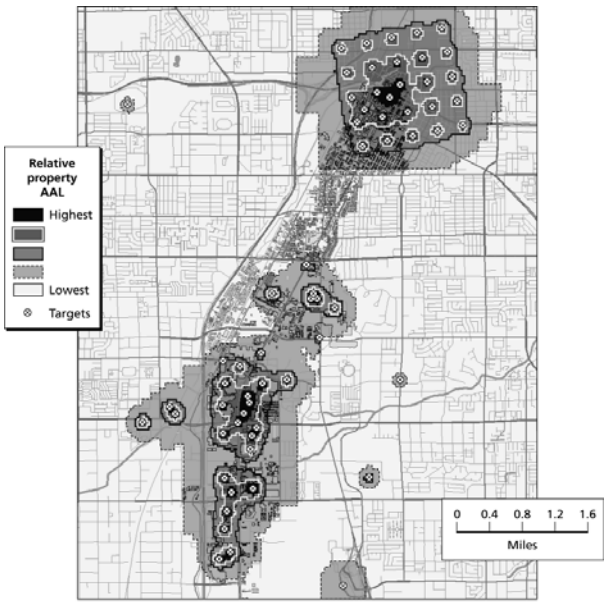


Figure 18 : Modélisation du risque terroriste dans le centre de Los-Angele, source: RMS

Les taux de destructions peuvent aussi être continus et fonction de la distance au centre de l'attaque. Des scenarii beaucoup plus réalistes peuvent être construits moyennant l'utilisation d'outils de mécanique des fluides (*Computational Fluid Dynamics* ou CFD) En effet, dans un centre urbain où la densité des constructions est très forte, l'onde de choc résultant de l'explosion d'une bombe ne se propage plus en formant des disques concentriques mais montre des phénomènes de réflexion sur les bâtiments. Les modélisations les plus récentes permettent de capter ces effets, après de considérables efforts d'implémentation et un temps de calcul en rapport avec la complexité des phénomènes modélisés.

3.1.3 Accumulation et détermination de la perte

Pour la modélisation du risque émeute, nous avons dans un premier temps repris un scenario très semblable à celui utilisé pour le risque terrorisme. Nous faisons donc l'hypothèse que l'émeute éclate à un point précis dans une grande ville puis que les émeutiers se dispersent dans toutes les directions, causant des dégâts sur leur passage. Ces dégâts sont de moins en moins important au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lieu initial du rassemblement.

Pour répondre aux questions posées précédemment, nous devions disposer d'un outil calculant les principales concentrations d'expositions sur un portefeuille géocodé. Nous avons donc déterminé le disque de rayon un kilomètre qui contient le plus de sommes assurées pour le portefeuille grec.

Nous commençons par représenter la zone géographique étudiée à l'aide de formes géométriques: nous réalisons ce que l'on appelle un maillage. Il est nécessaire d'adapter le maillage afin d'approcher la solution avec précision en gardant un temps de calcul raisonnable. Nous choisissons pour taille de maille le plus grand carré inclus dans un disque de rayon déterminé, c'est à dire de côté égal à $\sqrt{2}$ fois le rayon. Nous balayons ensuite les mailles avec le disque.

En pratique, nous ne balayons que les mailles de plus forte densité de sommes assurées, nous réduisons ainsi le temps de calcul pour la détermination du disque de concentration d'expositions maximale.

Il était particulièrement intéressant de voir que ce disque correspondait exactement à la zone des émeutes historiques de 2008. La zone à la plus forte exposition est donc également celle où les émeutes sont le plus probables (considérant qu'elles se sont déjà produites à cet endroit).

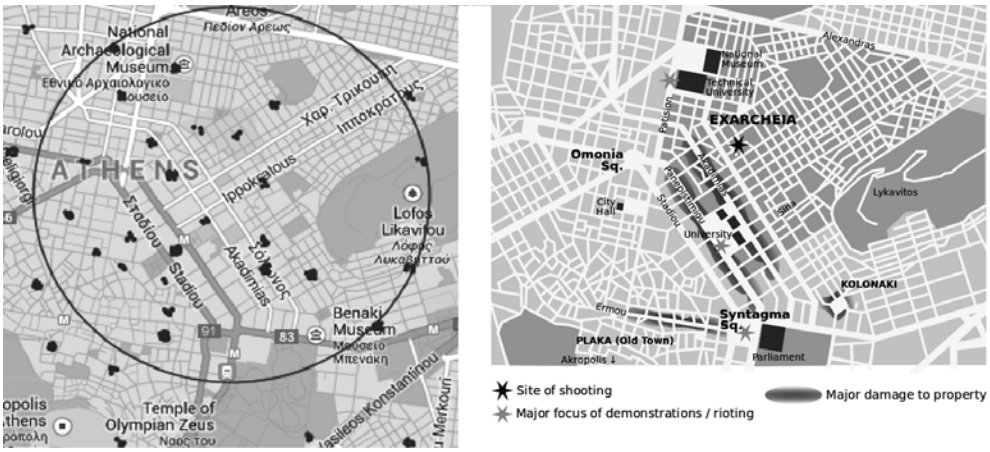


Figure 19 : Cercle d'accumulation maximale pour le portefeuille grec, rayon 1km et comparaison avec les émeutes de 2008 à Athènes, source: Wiki

Nous gardons donc un kilomètre comme premier rayon pour nos disques de concentration. Nous appliquerons sur ce disque un taux de dommages conservateur de 30%.

Nous faisons ensuite l'hypothèse que les émeutiers se déplacent en faisant de moins en moins de dégâts: nous appliquons un taux de destruction sur notre portefeuille de 5% dans un rayon de deux kilomètres puis 1% dans un rayon de cinq kilomètres. L'étude des événements historiques et des pertes associées réalisée plus tôt nous montre que les émeutiers ne se déplacent pas plus loin que cinq kilomètres de leur lieu de rassemblement initial[1]. Ces hypothèses sont donc validées empiriquement.

Comme nous l'avons vu, il est par contre assez commun qu'une émeute de grande ampleur dans la capitale du pays se propage à d'autres villes importantes. Nous appliquerons alors la même méthode au deuxième disque de concentration maximale de notre portefeuille, puis au troisième etc.

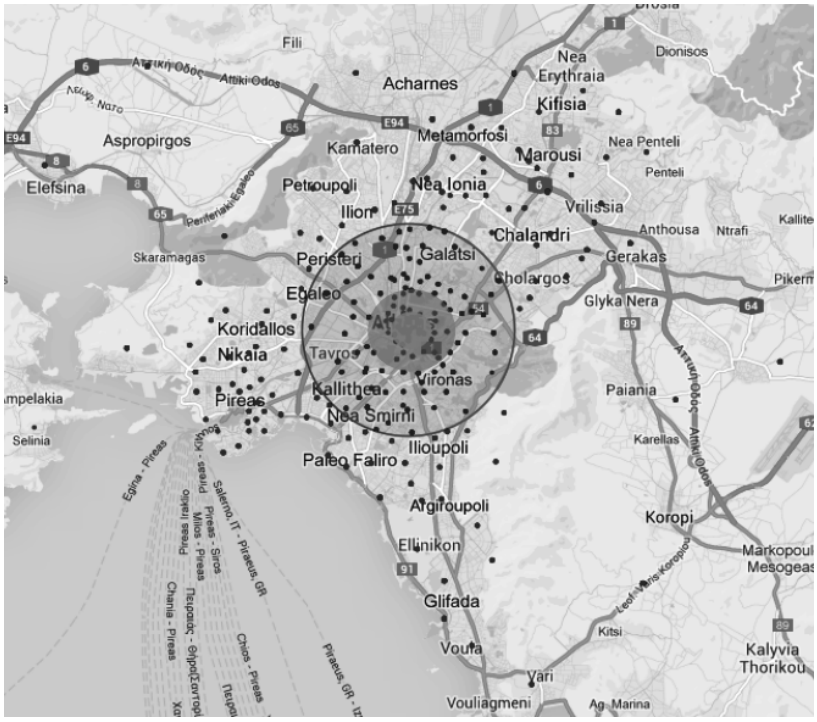


Figure 17: Visualisation du RDS_1 *à Athènes*

[1] Dadan Umar Daihani, *The May 1998 riot in Jakara, Indonesia, analysed with GIS*, esri.com. Ainsi qu'une étude interne sur le portefeuille indonésien pour les événements de 1998.

Zone	Valeur	Sur la couronne	Taux de destruction	Perte
Rayon 1km	TIV1	S1=TIV1	30%	L1=30%S1
Rayon 2km	TIV2	S2=TIV2-TIV1	5%	L2=5%S2
Rayon 5km	TIV3	S3=TIV3-TIV2	1%	L3=1%S3

Table 12 : Caractéristiques du RDS_1 *pour l'émeute*

Nous vérifions enfin que

$$Perte(\text{Scenario marché}) \times \text{Part de marché} \approx Perte(RDS_1).$$

Si cette approche est classique pour modéliser les pertes consécutives à une attaque terroriste et qu'elle permet la construction d'un premier scenario, elle peut sembler peu réaliste dans le cas d'une émeute.

En effet, les taux de destruction sont construits en fonction de cas observés sur un portefeuille donné pour un événement émeute particulier, on peut donc critiquer leur généralité. De plus, il est assez rare de voir les émeutiers se disperser dans toutes les directions comme peut le faire l'onde de choc d'une bombe. Au contraire, on peut penser que les émeutiers resteront groupés et suivront une direction fixe le long de laquelle ils chercheront à maximiser les dégâts. Depuis leur point de départ, les émeutiers cherche à rejoindre un site situé à quelques kilomètres. Nous définissons ainsi le RDS_2.

Nous proposons donc de revoir l'algorithme précédent pour inclure cette spécificité des émeutes par rapport au risque terroriste. Nous supposons toujours que l'émeute se propage sur cinq kilomètres, nous cherchons maintenant la direction qui vient maximiser la somme assurée rencontrée.

Géométriquement, la direction peut-être représentée par le point H sur le cercle à cinq kilomètres du point de rassemblement initial. Nous nous écartons ensuite autour de ce point visé d'un angle θ et nous cherchons la somme assurée contenue dans la zone choisie.

Mathématiquement, l'angle θ permet de déterminer si un point est dans l'empreinte où non. Ce calcul est très simple dans un plan euclidien mais les points sont ici placés à la surface d'une sphère (la terre) et localisés par leur coordonnées latitude-longitude. Le calcul est alors plus complexe mais tout à fait abordable avec les formules de trigonométrie de base. Afin de déterminer si oui ou non le site est dans l'empreinte, nous vérifions que l'angle entre le site et la direction donnée pas H est inférieur à $\frac{\theta}{2}$. Nous ne considérons bien sûr que les sites qui sont déjà présent dans le disque d'accumulation maximale. L'angle θ est définie en rapport avec le rayon pour le disque d'accumulation, de façon à

avoir une représentation réaliste. Ils est équivalent de travailler avec l'angle θ, la longueur de l'arc de cercle autour du point H ou la surface de l'empreinte. Pour la figure qui suit, on choisit un angle de $\theta = \frac{\pi}{6}$.

Pour garder une approche très conservatrice dans notre RDS_2 (qui est également conforme à la réalité) nous nous plaçons dans le disque de concentration maximale de sommes assurées et nous appliquons un taux de destruction de 100% sur les sommes assurées rencontrées.

Nous vérifions enfin que $Perte(RDS_1) \approx Perte(RDS_2)$.

Algorithme 2 : CHEMIN MAXIMISANT LES SOMMES ASSUREES

Entrée(s) θ, centre O du cercle

L $\leftarrow$ liste vide {liste des sites maximisant les sommes assurées dans l'empreinte}
M $\leftarrow 0$ {sommes assurées maximales dans l'empreinte}
pour tout directions sur le cercle définies par **H faire**
$L_{aux} \leftarrow$ liste vide {Sites dans l'empreinte}
$M_{aux} \leftarrow 0$ {Sommes assurées dans l'empreinte}
pour tous les sites courant dans le cercle d'accumulation **faire**
si le site courant est dans l'empreinte **alors**
$L_{aux} \leftarrow$ concaténer(L_{aux} , site courant);
$M_{aux} \leftarrow M_{aux} +$ somme assurée(site courant)
fin du si
fin du pour
si $M_{aux} \geq$ M alors
L $\leftarrow L_{aux}$;
M $\leftarrow M_{aux}$
fin du si
fin du pour

Sortie(s) L, M

Pour garder une approche très conservatrice dans notre RDS_2 (qui est également conforme à la réalité) nous nous plaçons dans le disque de concentration maximale de sommes assurées et nous appliquons un taux de destruction de 100% sur les sommes assurées rencontrées.

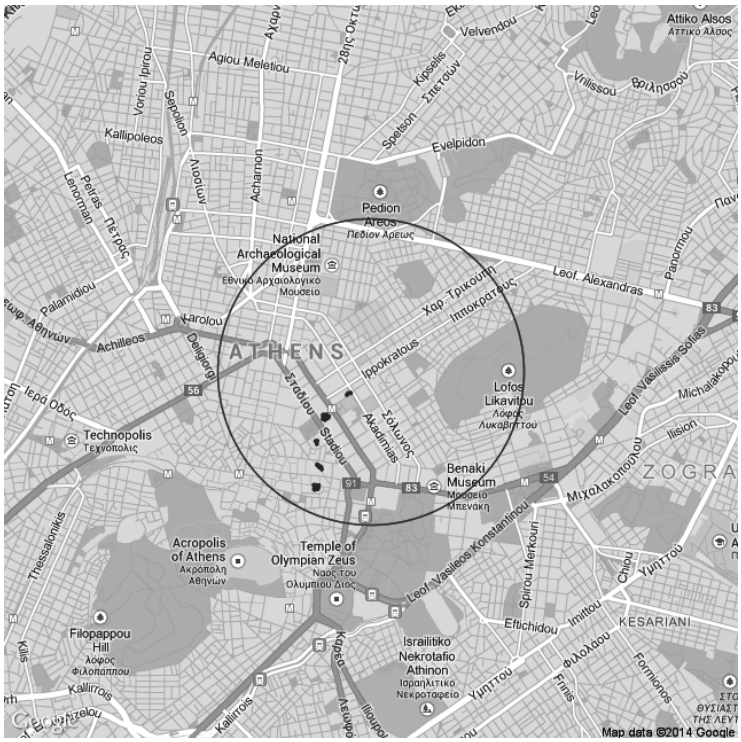


Figure 21 : Direction d'accumulation maximale au centre d'Athènes

Nous avons pris ici l'exemple de la Grèce mais cette méthode est généralisable pour toutes les entités disposant d'un portefeuille géocodé. Nous prendrons le soin de vérifier que le cercle de concentration maximale se situe dans la capitale ou dans une grande ville. Il est toujours possible de définir manuellement le centre du disque de concentration, sur la place Taksim à Istanbul par exemple.

Pour les portefeuilles qui ne seraient pas géocodés, des sites comme OPEN STREET MAP proposent gratuitement une donnée intéressante: la densité de construction par code postal. Il est alors possible de répartir la somme assurée globale d'un portefeuille non-géocodé suivant cette densité de construction.

Nous avons détaillé ici le cas où la géo-localisation se fait avec une projection latitude-longitude, c'est le cas le plus fréquent. Néanmoins, ce n'est pas le seul référentiel de projection et les méthodes géométriques devront être adaptées pour les autres cas (comme la projection orthographique de Lambert très couramment utilisée en France).

Enfin, cet algorithme peut-être utilisé pour la modélisation d'autres périls avec des RDS : déplacement d'un cyclone, propagation d'un nuage radioactif etc.

3.2 Modélisation fréquence-coût

Nous utilisons les scenarii précédemment définis pour déterminer la distribution des pertes associées au risque GEMP. Nous utiliserons pour cela un modèle fréquence-sévérité, qui est une des possibilités pour la modélisation de risques atypiques. L'objectif est de déterminer quelle est la perte de probabilité 0,5%, c'est-à-dire de période de retour 200 ans.

3.2.1 Générateur de risque atypique

Dans la modélisation des risques atypiques, la charge annuelle est déterminée par le modèle $\text{coût} \times \text{fréquence}$ suivant :

$$S^{atypique} = \sum_{i=1}^{N^{atypique}} X_i^{atypique} \tag{8}$$

Où $N^{atypique}$ représente la loi de fréquence pour le portefeuille et le risque dont il est question. $N^{atypique}$ est donc la loi du nombre d'événements par année. $X_i^{atypique}$ est le coût d'un sinistre individuel i. Il est important de ne considérer que les sinistres atypiques et d'écarter les sinistres attritionnels (de forte fréquence et de faible sévérité). En pratique, cette distinction passe par la détermination d'un "seuil atypique" (montant) au-delà duquel les sinistres seront qualifiés d'atypiques. Les $X^{atypique}$ sont indépendants et identiquement distribuées. La loi de $N^{atypique}$ est indépendante de $X^{atypique}$.

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer ces deux lois :

- en utilisant l'historique sinistre
- par exposition
- par scenario

Nous utilisons la méthode par scenario. En effet, le volume de données assurantielles dont nous disposons dans cette partie est très faible, il n'est donc pas possible de se baser sur la première méthode. Nous nous baserons également sur des techniques propres à la méthode par exposition via l'utilisation des courbes d'exposition pour le calcul des taux de destruction[1].

[1] Nous ne détaillerons pas la construction des courbes d'expositions. Des courbes standard (un peu anciennes, développées initialement par Swiss Re et les *Lloyd's* de Londres) existent toujours pour les principales lignes d'affaire.

La méthode par scenario est utile lorsque certaines pertes marchées observées ne sont pas dans l'historique des sinistres. C'est le cas pour de nombreuses entités du groupe.

A la manière d'un modèle "catastrophes naturelles", nous simulons un grand nombre d'années d'observation. Chaque année, nous pouvons observer une ou plusieurs émeutes comme nous pouvons ne pas en observer, suivant la loi qui a été choisie pour la fréquence des sinistres. Si nous observons une ou plusieurs émeutes, nous calculons le coût de cette (ou ces) émeute(s) individuellement, toujours suivant le modèle qui a été choisi. On associe en général une distribution aux coûts des sinistres individuels. Nous avons choisi de nous baser uniquement sur les scenarios pour cette partie.

D'un point de vue informatique, un générateur de risque atypique peut se décrire comme suit.

Algorithme 3 : GENERATEUR DE RISQUE ATYPIQUE PAR SCENARIO

Entrée(s) N années fictives à simuler

V ← vecteur nul de dimension N

pour i de 1 à N **faire**

E ← réalisation d'une Poisson($\lambda^{atypique}$) {Nombre d'émeutes atypiques dans l'année}

pour tout E **faire**

Simulation de la perte de l'événement suivant le scenario

fin du pour

V[i] ← somme des pertes sur l'année

Sortie(s) Distribution de V

On obtient bien en sortie la distribution des pertes annuelles. En pratique et contrairement aux modèles catastrophes naturelles, on obtient uniquement cette distribution au delà d'un seuil: le *seuil atypique*. Ce seuil diffère d'une entité à l'autre. Les courbes (fonction de distribution des pertes ou courbes *AEP*[1]) sont donc tronquées, elle ne commence pas à zéro. Dans la pratique, on utilise uniquement le haut de ces courbes, pour déterminer une perte de période de retour importante. De plus, si on veut obtenir le bas de la courbe, il est toujours possible de redéfinir une nouvelle courbe par morceaux: risques attritionnels en bas de courbe et ensemble des risques atypiques et catastrophiques pour le haut des courbes. Nous obtenons ainsi des courbes "mélanges".

[1] Définies ensuite.

3.2.2 Calibration de la fréquence et de la sévérité

La loi de Poisson est une loi très fréquemment utilisée en assurance et en réassurance pour modéliser le nombre de sinistres annuels. La probabilité d'avoir n événements est $p_n = \mathbb{P}(N = n) = e^{-\lambda}\dfrac{\lambda^n}{n!}$. La principale force de la loi de Poisson est qu'elle est caractérisée par un seul paramètre λ, facile à estimer.

La propriété bien connue de la loi de Poisson est que sa variance est égale à sa moyenne. C'est une propriété rare qui mérite d'être signalée.

$$V(N) = \mathbb{E}(N) = \lambda \tag{9}$$

Cette égalité (l'équidispersion) justifie bien souvent l'utilisation de la loi de Poisson. Ainsi, on peut justifier l'utilisation de la loi de Poisson (par rapport à la loi Binomiale Négative) de deux manières:

- équidispersion vérifiée empiriquement dans les données
- unique paramètre à estimer (plus robuste quand le volume de données est faible)

En pratique, on estime le paramètre λ par la fréquence empirique de sinistres GEMP pour le portefeuille d l'entité. On peut l'écrire de la façon suivante:

$$\lambda = \frac{\#\text{sinistres en portefeuille}}{\#\text{années exposées au risque}} \tag{10}$$

Ce paramètre est estimé pour chaque pays lorsque cela est possible. Par exemple, nous obtenons $\lambda_{\text{Grèce}} = \dfrac{2}{2014-1997}$. Si aucun sinistre GEMP n'est venu impacter le portefeuille d'une entité, nous considérons la fréquence égale à la fréquence d'une autre entité de notation équivalente, suivant la carte prédictive du risque construite dans la partie précédente. De la même manière, les *upgrades* et *downgrades* pourront être utilisés comme souspondération et surpondération de la fréquence dans la modélisation fréquence x sévérité.

La modélisation du coût se fait uniquement ici par scenario.

Le portefeuille grec étudié sera considéré comme représentatif du portefeuille marché, corrigé de la part de marché de l'entité. De la même façon que précédemment, les chiffres pour une entreprise d'assurance particulière se déduisent des parts de marché.

Algorithme 4 : SCENARIO PLUS "STOCHASTIQUE"

Entrée(s) Portefeuille, Hypothèses marché {Les hypothèses concernent le nombre de polices impactées pendant l'événement (distribution ou déterministe) et les taux de destruction}

pour tout Lignes d'affaire **faire**

pour k de 1 au nombre de polices impactées **faire**

tirage aléatoire de la police dans le portefeuille

tirage du taux de destruction DR applicable

Perte = valeur assurée × DR

Application des conditions d'assurance

fin du pour

fin du pour

Sortie(s) Somme des pertes nettes

Nous commencons donc par tirer aléatoirement une police dans le portefeuille. Par application du taux de destruction, nous obtenons la perte brute de condition d'assurance. La perte nette est déduite après application des conditions d'assurance. On aura alors[1]

$$\text{Perte nette} = min(\text{limite}, max(\text{perte brute} - \text{franchise}, 0)) \tag{11}$$

Il faut également vérifier que la même police n'est pas impactée deux fois, ou au moins que la somme des taux de destruction sur ce site n'excède pas 100% (un bâtiment ne peut pas être détruit plus que totalement).

Nous appliquerons des taux de destruction suivant la ligne d'affaire. Comme précédemment, le taux de destruction appliqué en "automobile" (*Motor*) est déterministe et égal à 100%. Pour la ligne *commercial*, le traitement est différent pour le bâtiment lui même et pour son contenu (*contents*). En effet, il est plus réaliste d'appliquer un taux de destruction supérieur (en moyenne) pour le contenu, qui sera plus rapidement détruit, que pour le bâtiment. Le "tirage" du taux de destruction utilise les courbes de vulnérabilité groupe qui relient la somme assurée au taux de destruction. Elles sont calibrées sur une forme paramétrique suivant la ligne d'affaire et le type de risque.

Nous garderons les distributions empiriques pour les pertes dans le générateur de risque atypique, les tentatives d'approximation de cette courbe par des fonctions paramétriques classiques n'étant pas satisfaissantes.

[1] Cette formule est particulièrement utile en réassurance non proportionnelle.

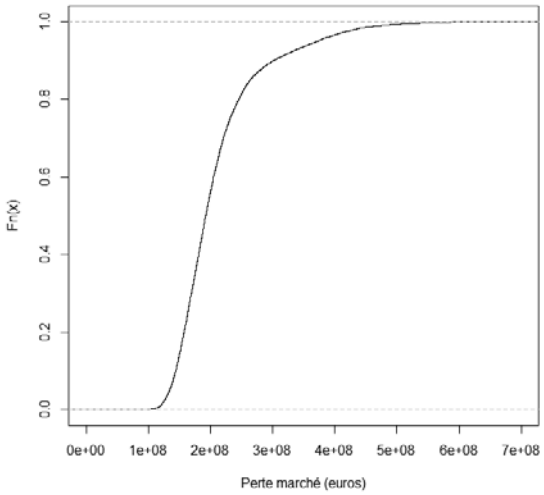


Figure 22 : Fonction de répartition empirique des pertes marché

3.2.3 Résultats

Nous rappelons que l'objectif de cette section était d'obtenir la distribution des pertes consécutives aux émeutes par un modèle $\text{coût} \times \text{fréquence}$.

En effet, nous voulons connaître les montants correspondants à certaines périodes de retour, en particulier la période de retour égale à 200 ans. Nous définissons pour cela deux fonctions, l'OEP et l'AEP, qui sont respectivement les fonctions de répartition pour la perte maximale sur l'année et pour les pertes annuelles cumulées.

L'OEP (*Occurrence Exceeding Probability*) est définie par

$$OEP(x) = \mathbb{P}(Max_{i=1}^{N}(X_i > x)); \forall x > 0 \quad (12)$$

$$= 1 - exp(-\lambda(1 - F_X(x))); \forall x > 0 \quad (13)$$

Où N est toujours la fréquence, X_i la sévérité du $\text{i}^{\text{ème}}$ sinistre de l'année et $F_X(x)$ la fonction de répartition. On considérera ici la fonction de répartition empirique des pertes consécutives au risque GEMP. L'expression de la seconde ligne est valable avec les bonnes hypothèses pour X et N.

L'AEP (*Aggregate Exceeding Probability*) est définie de la même manière pour les pertes agrégées sur l'année. Nous nous intéresons ici plus spécifiquement à l'AEP (plutôt qu'à l'OEP) puisque les contrats d'assurance et de réassurance couvrent tous les événements GEMP de l'année. Nous pouvons également signaler que la fréquence des émeutes étant faible, l'OEP est très proche de l'AEP. L'égalité est vraiment vérifiée

lorsqu'au plus un événement survient dans l'année. Si ce n'est pas le cas, l'AEP est toujours supérieure à l'OEP, puique la perte annuelle agrégée est toujours supérieure à la perte engendrée par l'événement le plus grave dans l'année.

Le générateur de risque atypique pour le portefeuille grec nous donne la courbe AEP marché comme sur la figure suivante.

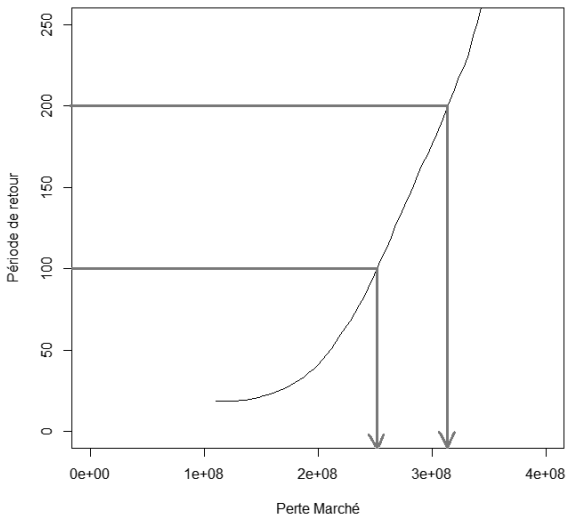


Figure 20 : AEP marché pour le risque GEMP en Grèce

Il est possible de dériver la perte de période de retour 200 ans par le calcul du quantile à 0,5% de la distribution des pertes annuelles. On représente également ce montant graphiquement.

Période de retour (*années*)	**Perte marché associée** (*millions €*)
100	252
200	318

Table 14 : Quelques périodes de retour et pertes associées pour le portefeuille grec

En conclusion, le module fréquence-coût permet d'obtenir une distribution de pertes. Nous remarquons que les conditions d'assurances sont prises en compte. Il s'agit non seulement de l'application des franchises et des limites par polices, mais aussi de l'impact de la réassurance facultative[1] proportionnelle et non-proportionnelle.

[1] Voir la section 1.5.2 pour une définition.

Une application possible est alors d'étudier l'impact de ce type de réassurance sur la distribution des pertes.

3.3 Modélisation orientée "agent"

Nous ne proposons ici qu'une brève présentation des possibilités offertes par la modélisation orientée agent et un tour d'horizon des études produites entre ABM et modélisation des conflits. Nous n'implémenterons pas ces méthodes mais il nous semble important d'opérer une veille sur ces techniques prometteuses qui ont déjà permis à une équipe de chercheurs de "reproduire" les émeutes de Londres.

3.3.1 Généralités

Nous avons basé nos précédents scenarii sur les pertes maximales probables via des calculs de concentration de sommes assurées. Dans une première partie, nous avons utilisé une approche descendante (*top-down*) classique pour la construction de scenario marché : nous analysons des événements historiques, nous disséquons leurs caractéristiques et évaluons enfin les pertes assurantielles propres à chaque ligne d'affaire (*Motor* et *Commercial*) et chaque élément ensuite (*building* et *contents*) etc.

Est-il possible d'utiliser une approche ascendante pour modéliser le risque GEMP? Est-il possible de "partir du bas", c'est à dire de la modélisation de l'événement émeute naissant, avant d'opérer une synthèse pour obtenir les pertes d'assurance?

Une telle approche demande une modélisation des comportements humains, des motivations de chaque potentiel émeutier à rejoindre la foule, des dégâts causés par chacun. La modélisation orientée agent (*Agent-based modeling* ou ABM) permet de prendre en compte l'individualité de chaque être humain dans ses choix et ses actions, comme par exemple sa motivation à se rebeller et son degré d'implication dans l'émeute. Nous n'avons pourtant pas fait ce choix pour obtenir nos résultats.

En effet, ce type de modélisation s'appuie uniquement sur des simulations et nécessite la calibration de très nombreux paramètres. Dans l'état des connaissances actuelles sur le sujet, il n'est pas possible de calibrer tous ces paramètres sociologiques avec précision. Il faudrait également être capable de modéliser les interactions sociales et de quantifier leur impact sur le comportement et les choix effectués par chacun. Il faudrait enfin représenter finement les environnements dans lesquels évoluent les agents (les émeutiers).

Au prix de très nombreuses hypothèses, certains chercheurs obtiennent des résultats très encourageants et il est probable que le développement de la modélisation orientée agent soit rapide dans les prochaines décennies. Ces avancés seront également décisives pour le monde de l'assurance : les applications sont multiples et cela n'a pas échappé aux grandes agences de modélisation. RMS prévoit déjà de l'utiliser pour modéliser l'impact du risque terrorisme et d'une attaque bactériologique avec le virus de la variole[1]. En effet, une meilleure appréhension du risque de pandémie est déjà rendue possible par ces techniques de simulations.

Figure 24 : Simulation ABM d'une épidémie debutant à Tokyo,
J. Epstein, Modelling to contain pandemics, Nature 09/27/2013

3.3.2 Formulation mathématique pour l'émeute

L'idée centrale est que chaque agent évalue individuellement le potentiel bénéfice qu'il a à se révolter. Il aborde rationnellement[2] la question du bénéfice de l'action collective par rapport à ses motivations individuelles.

L'agent a des revendications, que nous noterons G, du fait des épreuves quotidiennes H qu'il endure et du manque de légitimité L de l'état. Nous reprenons ainsi les facteurs d'émergence décrits précédemment. Epstein propose le modèle multiplicatif $G = H \times L$. Les variables G et L pourront dans un premier temps être modélisées par des lois uniformes. Elles pourront ensuite être connectés aux indicateurs macro-économiques que nous avons détaillés dans la partie 2.

[1] Peter Ulrich, *Managing Entreprise Risk in the aftermath of the WTC catastrophe*, Livre blanc RMS.

[2] La majorité des références proposées affirment la rationalité des agents dans la modélisation des violences collectives.

Les griefs de l'agent sont compensés par le risque R qu'il prend en se rebellant. On obtient ainsi la règle suivante:

Si $G - R > seuil$ **alors l'agent se révolte, sinon il reste passif.**

Cette règle suppose que la position de l'agent face à l'émeute est totalement binaire (émeutier ou passif). La littérature suggère que le risque R ressenti par un agent est une fonction du nombre de participants. Puisque l'agent a moins de chances d'être appréhendé si les émeutiers déjà nombreux, le risque pris à rejoindre une émeute diminue au fur et à mesure que la taille de l'émeute augmente. On note alors $x_{\text{émeutiers}}$ le nombre de personnes impliquées dans le mouvement et on suppose que cette variable suit une loi de Poisson de moyenne n ; on écrit :

$$U(x_{\text{émeutiers}}, R, G) = G - R(x_{\text{émeutiers}}) \tag{14}$$

Et $U(x_{\text{non-émeutiers}}, R, G) = 0$. La fonction d'utilité U est essentielle dans la modélisation orientée agent. L'utilité est un concept central en économie, elle est liée depuis son origine à la prise de risque. Elle mesure la satisfaction obtenue après l'action, dans notre cas la participation à une émeute.

Mathématiquement, la véritable difficulté réside encore dans la définition des seuils - propres à chaque individu - à partir desquels ils changent de camp. En effet, imaginons un rassemblement de 100 personnes et supposons que la répartition des seuils est uniforme : le premier agent a un seuil de 0, le deuxième a un seuil de 1, jusqu'au dernier qui a un seuil de 99. Le premier agent engage la manifestation. Le deuxième agent constate alors la rébellion du premier et son seuil s'en trouve activé, le deuxième après lui et les 100 personnes rejoignent rapidement l'émeute. Il y a ce qu'on appelle un effet "domino". Maintenant, modifions très légèrement la distribution des seuils en supposant que le deuxième agent a maintenant un seuil égal à 2. Pour le reste, la population reste identique à celle de l'expérience précédente. Pourtant, les conséquences sont radicalement différentes : après la révolte du premier agent, il n'y a plus personne avec un seuil assez faible pour le suivre. L'expérimentation prend donc fin avec un unique émeutier.

La conclusion est immédiate : la déduction des caractéristiques individuelles à partir des observations sur un groupe est une entreprise périlleuse. L'estimation des paramètres dans ce type de modélisation demande de l'audace !

Nous faisons l'hypothèse que le nombre d'émeutier espéré du point de vue d'un agent suit également une loi de Poisson $p(.\,|\,n)$ de même paramètre n. L'utilité espérée[1] s'écrit alors comme :

$$\bar{U}(x_{\text{émeutiers}}, R, G) = \sum_{k=0}^{\infty} p(k \mid n) \times U(x_{\text{émeutiers}}, R, G) \tag{15}$$

$$= G - \sum_{k=0}^{\infty} p(k \mid n) R(k+1) \tag{16}$$

L'utilité espérée d'un agent non émeutier est nulle. L'étude du seuil dépend donc directement de la forme choisie pour la fonction risque. La littérature détaille souvent le cas d'un risque inverse au nombre d'émeutiers.

$$R(x_{\text{émeutiers}}) = \frac{1}{\alpha + \beta \times x_{\text{émeutiers}}} \tag{17}$$

Où $\alpha \geq 1$ et $0 < \beta \leq 1$. On a ainsi $0 < R < \frac{1}{\alpha + \beta}$. Le *supremum* $\bar{R} = \frac{1}{\alpha + \beta}$ s'interprète comme une mesure de la force dissuasive exercée sur l'émeutier, par exemple par les forces de l'ordre. Par conséquent, la modélisation d'un mouvement populaire fait souvent appel, dans le même temps, à la modélisation de la réponse policière.

Plus précisément, cette présence policière se décompose en un terme constant α (pour le nombre de policiers par exemple) et un terme β traduisant les capacités d'adaptation des forces anti-émeute face à l'aggravation de la situation.

Ce type de modélisation constitue une alternative bien plus réaliste que les modèles actuels, utilisant des équations différentielles pour décrire la dynamique des phénomènes sociaux.

3.3.3 Application aux événements de Londres, 2011

Dans leur article, Davies *et al.* proposent un modèle type pour l'émeute, construit à partir des observations des émeutes de Londres de 2011. Il réplique avant tout cet événement particulier mais revendique également son caractère de généralisation. Trois aspects sont mis en avant : le phénomène de contagion observé, les distances sur lesquels se déplacent les émeutiers et l'effet de dissuasion de la police.

Ce modèle intègre donc à la fois la dimension spatiale et la dimension temporelle.

---

[1] La théorie de l'utilité espérée est centrale en économie du choix dans un environnement risqué. Nous ne détaillons pas la formalisation générale décrite dans tout bon cours de micro-économie.

A partir des données de la *metropolitan police*[1], il est possible de reconstituer le profil des émeutiers, notamment la distance sur laquelle ils se déplacent depuis leur domicile, leur âge, leur sexe etc. L'utiliation d'études sociologiques sur la répartition des populations dans les quartiers de Londres permet ensuite de lancer des simulations.

La "sévérité" représente dans cet article la densité d'émeutiers dans un quartier, par rapport au nombre de policiers présents. On peut également penser que, plus le nombre d'émeutiers rapporté au nombre de policiers est élevé, plus les dégâts matériels seront importants.

Nous avons souligné l'importance de la communication entre les émeutiers dans la partie précédente. Cette modélisation a encore quelques limites : elle ne prend pas en compte ces interactions entre les agents.

Figure 25 : Nombre d'émeutiers par habitants dans les quartiers du centre de Londres lors des émeutes de 2011, d'après les données (a) et résultats modélisés (b).
Source: Davies et al.

4. CONCLUSION

L'objectif de ce papier était une meilleure appréhension du risque de Grèves, Émeutes et Mouvements Populaires auquel sont confrontées les compagnies d'assurance et de réassurance.

Nous avons d'abord proposé une définition de ce risque dans un cadre d'assurance. Cette définition n'est pas unifiée, elle n'est donc pas une formalité mais permet d'apporter un cadre précis à notre étude.

Notre travail s'est ensuite prolongé avec une orientation plus *risk management*. L'analyse approfondie des événements historiques ayant impactés le portefeuille des entités, via la très riche littérature en sociologie des conflits, a permis de déceler plusieurs

[1] Ces données ne sont disponibles ni gratuitement ni publiquement.

facteurs d'émergence communs. Nous avons ensuite utilisé ces facteurs pour créer un indicateur composite reflétant les périls Grève, Emeute et Mouvement Populaire. La cartographie permet un meilleur pilotage du risque à un niveau global.

Cette étude de risque passe également par le développement d'outils actuariels permettant la modélisation des catastrophes humaines. Après l'analyse du fonctionnement des modèles existants et notamment sur le terrorisme, nous avons développé plusieurs modélisations réalistes pour l'émeute. Nous mesurons ainsi les dommages consécutifs à un événement, brutes de conditions d'assurances. Après le calcul des concentrations de sommes assurées d'un portefeuille, nous définissons la perte maximale probable de celui-ci.

Eclairé par les travaux réalisés ici, le suivi de ce risque atypique permet l'amélioration de la souscription et à terme l'optimisation des couvertures de réassurance.

5. REFERENCES

BLUME L. *et al.* (1999) : *Equilibrium concepts for social interaction*, Université de Conell, non publié.

BRATSIS P. (2010) : *Legitimization crisis and the Greek explosion*, International Journal of Urban Research and Regional Research.

BAUDAINS P. et al. (2011) : *Why did the riots occur here but not there? A random utility model of the UK riots*, UCL presentation.

CAMERON C. (2000) : *Riot games, a theory of mass political violence*, W. Allen Institute of Political Economy, Université de Rochester.

CHAO W.M. (2011) : *Simulating riot for virtual crowds with a social communication model*, Université nationale de Chengchi, Taiwan, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6922, p. 419-427.

CICCHELLI V. et al. (2013) : *Comment enquêter sur une émeute ?*, Revue SociologieS.

CUI X. (2007) : *A particle swarm social model for Multi-Agent Based insurgency warfare simulation*, ACIS International Conference on Software Engineering Research.

DAVIES T. et al. (2013) : *A mathematical model of the London riots and their policing*, Nature Scientific Reports.

EPSTEIN J. (2001) : *Modeling civil violence, an Agent-Based computational approach*, National Academy of Science.

FFSA (2005) : *CLAUSE 68 - Garantie des risques résultant de grèves, lock-out, émeutes, mouvements populaires et autres faits analogues consécutifs à des conflits du travail ou professionnels*. Specimen de clause d'assurance.

FINDLEY M. et al. (2010) : *Modelling dynamic violence: integrating events data analysis and Agent-Based Modeling*, APSA Annual Meeting Paper.

GOLDSTONE J. et al. (2010) : *A global model for forescasting political instability*, American Journal of Political Science, Vol. 54, 1, p.190-208.

GOUJON M. (2006) : *Un guide critique des indicateurs de politique de développement*, Fondation pour les études et recherches sur le développement international.

GRANOVETTER M. (1978) : *Threshold models of collective behavior*, The American journal of sociology, Vol. 83, 6, p. 1420-1443.

HELBING D. (1993) : *Stochastic and Boltzmann-like models for behavioral changes, and their relation to game theory*, Physica A 193, p.241-258.

HSIEH A. (2009) : *Does world bank involvement cause political unrest?*, Journal of Politics & International Affairs, p. 139-140.

HUMPHREYS R. (2002) : *RDS Workshop, Giro 2002*, Institute & Faculty of Actuary.

JANIN P. (2009) : *Les « émeutes de la faim », une lecture géo-politique du changement social*, IFRI Politique étrangère, p.228.

JONG-A-PING R. (2008) : *Essays on political instability*, Mémoire de Thèse.

JUSTINO P. (2005) : *Redistribution and civil unrest*, American Economic Association.

JUSTINO P. (2007) : *Carrot or stick? Redistributive transfers versus policing in contexts of civil unrest*, MICROCON Research Working Paper 3.

KRUG E. (2002) : *La violence collective*, Rapport mondial sur la violence et la santé, préface de Nelson Mandela, Organisation Mondiale de la Santé.

LAGI M. (2011) : *The food crises and political instability in North Africa and the Middle East*, Université de Cornell, non publié.

LAMBERT-FAIVRE Y., Leveneur L. (1995) : *Droit des assurances*, Deloz.

MAHER G., Ryan J. (2000) : *Evaluating claims costs arising out of political disorders and civil unrest*, CAS Forum, p. 85-120.

MARSHALL M. (2008) : *Fragility, instability and the failure of states*, Council on Foreign Relations, Working paper.

MARSHALL M., Cole B. (2011) :, *Conflict, Governance, and State Fragility*, Center for Systemic Peace.

MYERSON R. (1997) : *Game Theory, Analysis of Conflict*, Havard University Press.

NATH H. (2008) : *Country Risk Analysis: A survey of the Quantitative Methods*, Département d'économie et d'affaires internation, Sam Houston State University.

OLZAK S. et al. (1996) : *Deprivation and race riots: an extension of Spilerman's analysis*, Social Forces, Vol. 74, 3, p. 931-961.

OSTBY G. et al. (2011) : *Population pressure, horizontal inequality and political violence: a disaggregated study of Indonesian provinces, 1990-2003*, Journal of Development Studies, Vol. 47, 3, p. 377-398.

QUEK H.Y. et al. (2009) : *Modeling civil violence: an evolutionary multi-Agent, game theoretic approach*, Mémoire de Thèse de l'Université de Singapour.

RAHMANDAD H., Sterman J. (2004) : *Heterogeneity and network structure in the dynamics of diffusion: comparing Agent-Based and differential equation models*, MIT Sloan Working Paper 4512-04.

RENN O. et al. (2011) : *Social Unrest*, Projet OCDE / IFP sur les « Futurs choc globaux ».

RUMMEL R.J., HEENAN D. (1978) : *How multinationals analyze political risks*, Havard Business Review.

SIONNEAU B. (1996) : *Risque politique, risqué-pays et risqué-projet*, Librairie des Arts et Métiers, cahier numéro 7 publié avec le concours d'EDF.

SOTIRIS P. (2010) : *Rebels with a cause: the December 2008 greek youth movement as the condensation of deeper social and political contradictions*, International Journal of Urban Research and Regional Research.

TURCHIN P. (2013) : *Modeling social pressure toward political instability*, Cliodynamics: The Journal of Theoretical and Mathematical History.

WILLIS H. et al. (2006) : *Terrorism risk modeling for intelligence analysis and infrastructure protection*, RAND Center for Terrorism Risk Management Policy.

YONAMINE J. (2013) : *Predicting future levels of violence in Afghanistan districts using GDELT*, Blog GDELT.