

## Crises économiques, CO<sub>2</sub> et Climat

Alain Royer<sup>1</sup>, Professeur à l'Université de Sherbrooke

### Résumé

Va-t-il y avoir un effet climatique après la crise économique sans précédent que génère la pandémie de la COVID-19<sup>2</sup>? L'analyse des émissions globales de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) lors de 8 crises mondiales économique, financière ou politique majeures répertoriées depuis 1987 mise en parallèle avec les mesures de concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique modulée par les variations du climat met en évidence un effet de pendule des émissions (ralentissement-rebond) dans 5 cas sur 8.

Le charbon, le pétrole et le gaz naturel contrôlent l'économie mondiale. La combustion de ces produits fossiles pour faire tourner cette économie contribue à enrichir l'atmosphère année après année de gaz carbonique (noté CO<sub>2</sub>). Comme l'apport continu de CO<sub>2</sub> atmosphérique dépasse largement les capacités de notre planète à absorber ce surplus, ce gaz s'accumule dans l'atmosphère et génère un effet de serre qui augmente progressivement et globalement la température terrestre (Figure 1). Si l'économie ralentie, ou s'arrête, suite à des crises financières, politiques ou de santé pandémique, les émissions de CO<sub>2</sub> suivent la tendance. Mais ces fluctuations d'origine anthropique s'ajoutent à celles, naturelles, du climat. Il n'est donc pas toujours facile d'établir des relations de causes à effets entre crise économique, concentration de CO<sub>2</sub> et climat!

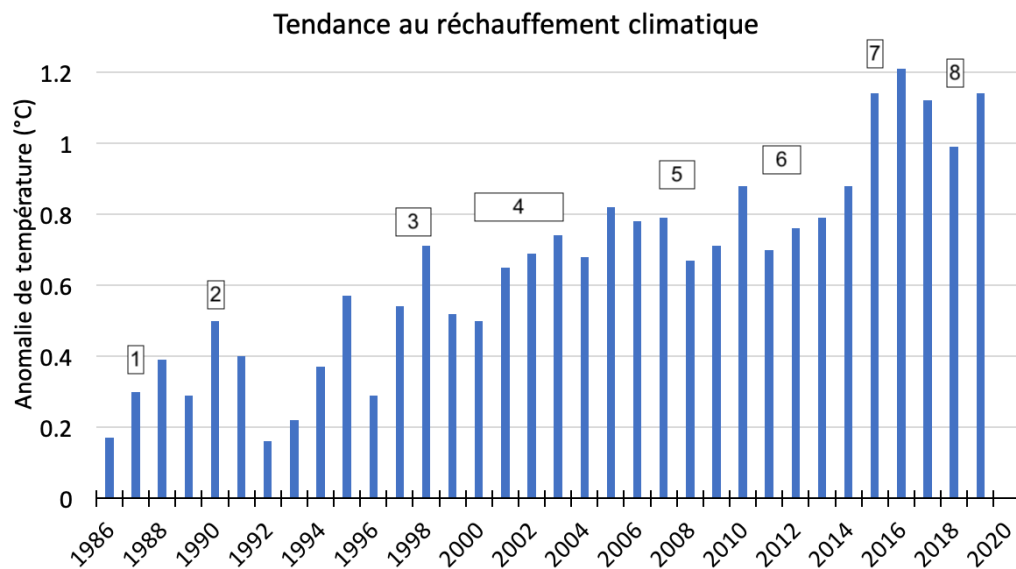


Figure 1. Anomalie des températures moyennes annuelles de l'Hémisphère nord, montrant une tendance marquée au réchauffement de 0.26 °C par décennie en moyenne. La période de référence pour le calcul de l'anomalie est 1901-2000. Les numéros font référence aux crises économiques décrites dans le Tableau 1.

Source : NOAA NCDC: <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

<sup>1</sup> Dr Alain Royer est professeur en géophysique de l'environnement nordique et des changements climatiques. Il est membre du Centre d'Applications et de Recherches en Télédétection (CARTEL) et du regroupement fédérateur Changements climatiques et Environnement de l'Université de Sherbrooke. Il est aussi membre du Centre d'Études Nordiques du Québec.

<sup>2</sup> *Coronavirus disease* (COVID-19) détectée pour la première fois en 2019.

La question soulevée ici est de savoir si cette alternance observée de crises et de relances économiques engendre un effet de pendule (ralentissement-rebond) sur les émissions de CO<sub>2</sub> et donc éventuellement sur l'évolution de la température.

Le problème de l'impact sur la température globale par effet de serre des variations des émissions humaines du CO<sub>2</sub> n'est pas simple, car la Terre absorbe en partie ces émissions et d'une façon variable selon le climat.

Pour tenter de répondre à cette question, il faut prendre en considérations trois éléments, 1) la série de « crises économiques » depuis 1987; 2) les émissions du CO<sub>2</sub> due aux variations des activités humaines; 3) et la prise en compte des effets naturels d'absorption du CO<sub>2</sub> par la Terre.

### 1. Les crises économique, financière ou politique

Depuis 1987, excluant la crise actuelle de la pandémie (Crise 9), nous pouvons identifier 8 crises majeures d'origines diverses qui ont ébranlé l'économie mondiale à différent degrés. Elles sont succinctement décrites dans le Tableau 1 et identifiées de 1 à 8. Leurs variations sont illustrées dans la Figure 2 à partir de l'indice boursier canadien pris comme exemple d'indicateur économique.

Tableau 1. Description des 9 crises étudiées, marquées par d'importantes chutes des principaux indices boursiers dans le monde, dont l'indice canadien (Indice composé S&D/TSX).

No	Année	Crise	Description	Indice composé S&D/TSX
1	1987	Krachs boursier du lundi noir	La grande panique sur les marchés entraîne un fort recul des actions.	-26 %
2	1990	Guerre du golfe Persique	L'Irak envahit le Koweït et les forces de la Coalition réagissent. Le Canada est en récession (1990-1992).	-22 %
3	1997 - 1998	Crise asiatique et russe	L'effondrement de la devise thaïlandaise se répercute dans toute l'Asie. Dévaluation du rouble et défaut de paiement majeur sur la dette russe. Le Canada est en récession (1999).	-28 %
4	2000 - 2003	Bulle techno / scandales comptables	L'essor prodigieux des sociétés liées à l'Internet connaît une fin brutale. Mise au jour de nombreux scandales comptables qui ont ébranlé de grandes entreprises.	-45 %
5	2008 - 2009	Crise des prêts hypothécaires à risque / Crise du crédit	Crise du marché immobilier aux États-Unis, avec une hausse marquée des taux d'intérêt. La solvabilité des banques est remise en question, causant la faillite de plusieurs institutions financières d'envergure, méfiance généralisée envers le secteur financier mondial. Le Canada est en récession en 2009.	-44 %
6	2011 - 2012	Crise européenne	Plusieurs États européens sont incapables de rembourser ou de refinancer leur dette.	-19 %
7	2015	Crise du marché chinois	Piètre croissance économique chinoise, dévaluation du yuan	-11 %
8	2018	Volatilité des marchés "en fin de cycle"	Volatilité des marchés en fin de cycle (sept-déc. 2018), les places boursières se sont écroulées sous le poids de la hausse des taux d'intérêt, des inquiétudes grandissantes liées au commerce mondial, et de l'apathie générale des valorisations, causée par la surévaluation des titres technologiques.	-11 %
9	2020	COVID-19	Pandémie du Coronavirus détecté en fin 2019	-28 %*

\* En date du 1er avril 2020 <https://www.boursier.com/indices> et d'autres sites Internet



Figure 2. Évolution de l'indices boursier canadien (Indice composé S&P/TSX) de 1987 à 2020. Les numéros de crises économiques font référence dans le Tableau 1. Les rectangles gris indiquent les périodes considérées comme « Périodes de récession canadienne » (forte diminution du rendement économique défini par le Produit intérieur brut (PIB) pendant au moins 6 mois).

Sources : <https://www.tradingview.com/chart/?symbol=TSX%3ATSX>  
<https://www.boursier.com/indices> et d'autres sites internet

L'analyse des indices dans les importantes bourses de pays industrialisés à travers le monde montre une grande similitude confirmant le caractère mondial de ces 8 crises (voir en annexe les variations de l'indice américain et français). La Figure 2 indique aussi les 3 « périodes de récession », décrétées par les économistes, que le Canada a connu durant cette période en 1990-1992, 1999 et 2009, classé respectivement de niveau 4, 1 et 4 sur une échelle de 5 niveau de sévérité. Quel a été l'impact de ces crises sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère?

## 2. Crises économiques et émission de CO<sub>2</sub>

La figure 3 montre la progression continue des émissions humaines de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des produits fossiles (courbe bleue) qui a presque doublé en 30 ans, en passant de 5.5 GtC/an en 1986 à 10 GtC/an en 2019. Cette courbe met cependant clairement en évidence des ralentissements des émissions durant sept périodes correspondant aux 7 crises sur les 8 répertoriées. L'ampleur relative de la baisse des émissions est cependant variable (Tableau 2). Elle a été très importante, de l'ordre de 100% ou plus, pour les crises 2, 3, 5, 7 et 8, elle n'apparaît pas pour la crise 1, et elle est faible pour les crises 4 et 6 (Tableau 2). Le ralentissement des émissions est particulièrement marqué pour la crise 5 (Crise du crédit) qui a plongé le Canada (et le monde) dans une récession sévère en 2009. Après chacune de ces crises, l'économie mondiale est repartie de plus belle (effet « pendule »), avec une émission particulièrement forte après les crises 1 (1988), 4 (2003 à 2005) et 5 (2010-2011) (Figure 3).

Il est encore trop tôt pour analyser la crise actuelle de la COVID-19 (Crise 9), mais des signes précurseurs sont déjà visibles sur la baisse des concentrations de CO<sub>2</sub> atmosphérique, analysée dans la section suivante. La question est donc : quelle a été l'impact climatique de ces variations d'émissions?

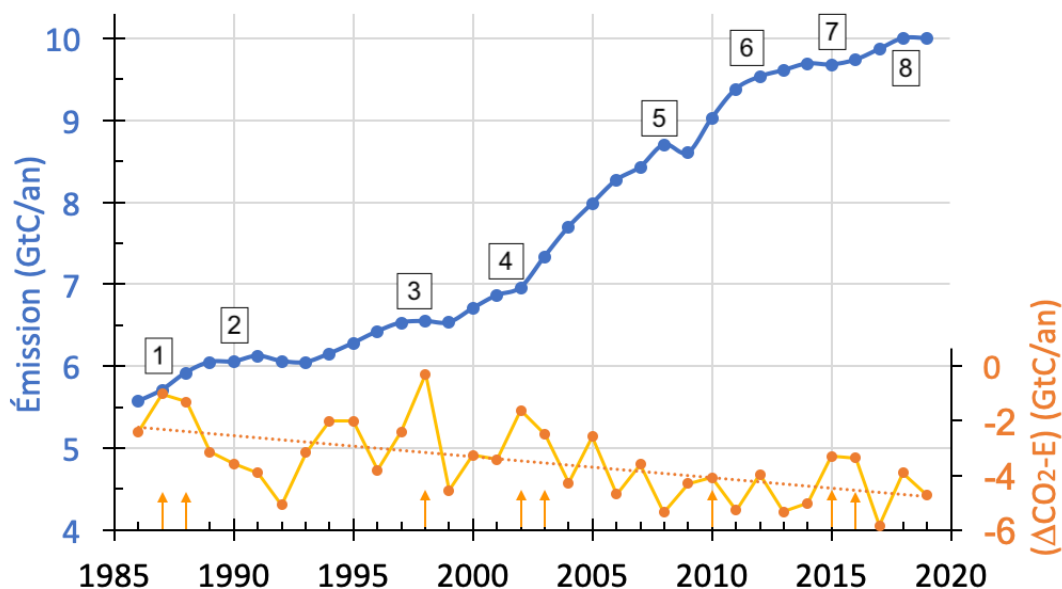


Figure 3. Variation des émissions humaines mondiale (E) (en bleu) due à la combustion des produits fossiles (dont le pétrole, le charbon et le gaz naturel) exprimée en Giga tonne de Carbone émis par an (GtC/an) de 1986 à 2019. Les numéros font références aux crises économiques décrites dans le Tableau 1. La courbe jaune correspond à la différence entre les taux de croissance annuel de CO<sub>2</sub> mesurées dans l’atmosphère et les émissions (ΔCO<sub>2</sub>-E). Cette courbe montre les variations naturelles de CO<sub>2</sub> atmosphérique, surtout par l’absorption terrestre, qui modulent l’effet climatique des émissions. Les flèches jaunes indiquent les années de forts évènements El Niño.

Sources : Données d’émission de Le Quéré et al. (2018)<sup>3</sup> et rapport 2019 de l’International Energy Agency (<https://www.iea.org>)

Données CO<sub>2</sub> atmosphérique NOAA CMDL :

[ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_mm\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt)

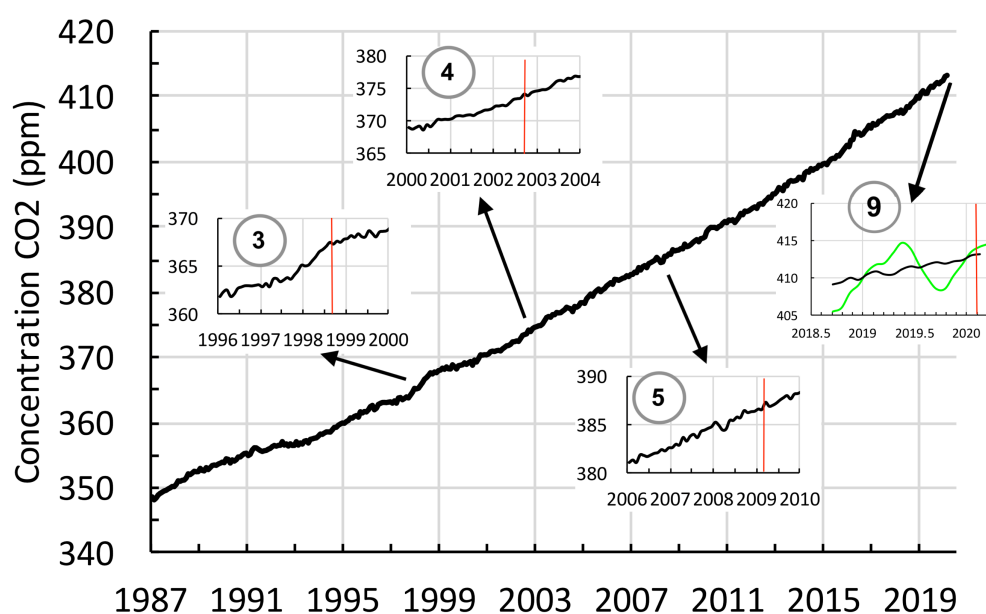
Tableau 2. Baisse relative (en %) des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> lors de chaque crise. Les 3 périodes de récessions (Réc.) du Canada sont identifiées.

No	Crises	Réc.	Années	Baisse relative des émissions (%)
1	Krach boursier du lundi noir		1987	-
2	Guerre du golfe Persique	®	1990-1993	-100
3	Crise asiatique et russe	®	1998-1999	-98
4	Bulle techno / scandales comptables		2002	-28
5	Crise des prêts hypothécaires à risque / Crise du crédit	®	2009	-172
6	Crise européenne		2013-2014	-40
7	Crise du marché chinois		2015-2016	-83
8	Volatilité des marchés		2019	-100
9	COVID		2020	-

<sup>3</sup> Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Budget 2018, *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 2141–2194, <https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018>

### 3. Le CO<sub>2</sub> atmosphérique

Les variations de concentration en CO<sub>2</sub> mesurée dans l'atmosphère et qui contribue directement à l'effet de serre sont montrées à la Figure 4. Il s'agit de mesures journalières de référence mondiale, très précises, réalisées à l'Observatoire de Mauna Loa à Hawaii en plein Pacifique. Ces mesures sont exprimées ici en unité relative : partie par million (ppm) que l'on peut traduire en équivalent de masse de carbone. L'augmentation observée de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique est très impressionnante par sa constance : on est passé d'une concentration de 349 ppm au début de l'année 1987 à 413 ppm au début 2020, soit une augmentation moyenne de 1.94 ppm/an (18 % en 33 ans). Cette augmentation continue traduit le caractère cumulatif des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, qui résulte d'une émission humaine toujours supérieure aux quantités de CO<sub>2</sub> que la Terre peut absorber.



Source: NOAA CMDL [ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_mm\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt)

La deuxième constatation est que cette croissance continue n'est pas tout à fait équivalente à celle des émissions montrées à la Figure 3. La Figure 4 montre de légères fluctuations interannuelles (agrandies dans les zooms de la courbe générale pour les périodes des crises 3, 4, 5 et 9). La seule variation bien visible est celle sous forme de plateau pendant la Crise 3 (Crises asiatique et russe) qui a suivi une forte accélération. On distingue également un début de plateau de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique pour février et mars 2020 liée à la baisse des émissions causée par la crise de la COVID-19. Mais en général, les variations annuelles de concentration en CO<sub>2</sub> liées aux crises économiques n'apparaissent pas clairement. Pour bien comprendre si ces crises économiques suivies de période de

reprise ont des effets climatiques, il faut prendre en compte les compensations naturelles de CO<sub>2</sub> dans les mesures de concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

#### 4. Crises économiques, CO<sub>2</sub> et climat.

Pour analyser l'impact climatique des crises économiques, il n'est pas possible de considérer seulement les concentrations de CO<sub>2</sub> (comme on l'a vu dans la Figure 4) car cette concentration est en partie modulée par les puits naturels de carbone. Les principaux puits de carbone naturels sont les océans par dissolution du CO<sub>2</sub> et la biosphère mondiale, terrestre et marine, par photosynthèse. Cette modulation est variable dans le temps car ces puits varient en fonction du climat ! Cela rend l'interprétation des observations difficile. Cette composante naturelle, mal connue, génère actuellement la plus grande incertitude dans les calculs du bilan de carbone global (émission - absorption) lié aux changements climatiques.

Pour mettre en évidence ces phénomènes d'origine naturelle, nous avons calculé un indice mettant en relation les émissions annuelles humaines (E, montrées à la Figure 3, courbe bleue) avec les mesures du taux de croissance annuel de CO<sub>2</sub> atmosphérique ( $\Delta\text{CO}_2$ , GtC/an) dérivé des mesures à Hawaii (montrées à la Figure 4). Cet indice ( $\Delta\text{CO}_2 - E$ ) représente les fluctuations annuelles du flux de carbone naturel (courbe jaune dans la Figure 3). Globalement, les émissions annuelles sont actuellement de l'ordre de 10 GtC/an (Figure 3, courbe bleue), elles sont absorbées à hauteur de la moitié (Abs  $\approx$  5 GtC/an, courbe jaune Figure 3), et génèrent ainsi un taux de croissance annuel moyen de CO<sub>2</sub> de 5 GtC/an, responsable de l'augmentation de température observée.

Il apparaît que cette compensation naturelle des flux de CO<sub>2</sub> n'est pas constante dans le temps, masquant ou accentuant certaines années l'effet climatique des crises (Figure 1). Prenons deux exemples où ces fluctuations naturelles ont été exceptionnellement fortes. En Juin 1991, le volcan Pinatubo aux Philippines a émis dans l'atmosphère une quantité phénoménale de particules (aérosols) qui ont généré un effet d'écran au soleil. Celui-ci a réduit la température du Globe de l'ordre de ½ degrés. C'est une baisse sans précédent dans l'histoire récente du climat (Figure 1). Les conditions climatiques du Globe post-éruption ont augmenté l'absorption globale du CO<sub>2</sub> atmosphérique, annulant ainsi l'effet climatique de la reprise économique après la crise 2 (Guerre du Golfe avec récession du Canada). Cette baisse se traduit par un plateau visible des concentrations de CO<sub>2</sub> dans la Figure 4, donc sans effet climatique supplémentaire.

Un autre exemple très intéressant, inverse au précédent, est celui relatif à l'année 1998 où l'on a vécu l'évènement El Nino le plus fort jamais connu. Or le taux de croissance naturel du CO<sub>2</sub> augmente pendant l'oscillation australe El Niño (faible absorption) et diminue pendant La Niña (forte absorption). En 1998, la mesure du CO<sub>2</sub> atmosphérique a effectivement augmenté significativement (voir le médaillon dans la Figure 4) qui a précédé la crise 3 (effondrement de l'URSS et crise asiatique). L'indice ( $\Delta\text{CO}_2 - E$ ) met bien évidence la forte augmentation du CO<sub>2</sub> en 1998 (courbe en jaune dans la Figure 3).

Un fait intéressant à noter est la tendance générale à la baisse de cet indice (droite jaune en pointillé à la Figure 3). Cela voudrait dire que globalement, la Terre a encore la capacité d'augmenter son potentiel d'absorption du CO<sub>2</sub>, même si celui-ci reste toujours bien inférieur aux émissions, et qu'il pourrait fluctuer, dans le futur, dans un sens de rétroaction inverse (baisse de l'absorption avec augmentation de CO<sub>2</sub>)

En conclusion, même si cette analyse est simplifiée et porte sur une période de temps assez courte, on constate que 7 des 8 crises analysés ont généré une baisse des émissions (toutes sauf la Crise 1) suivi d'un effet de pendule (rebond) avec une accélération après 3 cas (Crises 1, 4 et 7). Mais l'impact climatique de ces variations doit être modulé par les contre-effets naturels de la Terre, qui modifient la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique résultante et effective pour l'effet-de-serre. Il apparaît, qu'en prenant en compte ces phénomènes naturels, la majorité d'entre elles (5 sur les 8 crises) ont eu un impact climatique important (Crises 2, 3, 4, 5 et 6).

### **Prospective : COVID-19**

Que peut-on envisager pour l'épisode actuel de la pandémie COVID-19 ? Difficile à dire ! Premièrement, cette crise est singulière à tel point qu'elle pourrait entraîner l'économie mondiale en 2020 vers sa pire récession depuis la fin de la seconde guerre mondiale, peut-être même depuis la grande crise de 1929. Aussi, l'ampleur et surtout la durée de cette récession sont en revanche encore inconnues et difficilement estimables. Certes, une baisse des teneurs en CO<sub>2</sub> atmosphérique mondiale est déjà perceptible deux mois après le début de la crise et devrait très vraisemblablement s'amplifier, mais pendant combien de temps ?

Aussi, les causes de la récession actuelle étant différentes des précédentes crises, la crise de la COVID-19 n'est, en fait, pas vraiment comparable. Les transports sont très touchés, plus d'avion dans les airs, plus de voiture dans les villes ! L'industrie est arrêtée, mais la demande en énergie pour les logements et surtout pour l'informatique reste très forte à cause du confinement, On ne peut probablement pas se servir des crises économiques passées pour anticiper les conséquences réelles de la pandémie, et donc anticiper les effets de la reprise post-crise. Une chose est sûre par contre (en tout cas souhaitable), c'est qu'il faudra que le plan de relance de chaque État se concentre sur la résilience de leur pays face aux chocs climatiques qui pourraient résulter d'une relance accélérée.

Car, si d'aventure, dans un futur proche, les émissions continuaient à s'accélérer encore, et si le réchauffement global, toujours plus intense, venait à détraquer les effets d'atténuations naturelles et à générer des catastrophes, telles que les incendies de forêt ou les inondations, il est fort probable, voire certain, que les effets cumulatifs (anthropique et rétroactions négatives) feraient exploser « la marmite » ! Profitons de ce temps d'arrêt et de confinement forcé pour réfléchir un peu à un nouveau mode de vie moins frénétique de surconsommation, de gaspillage et d'activités de voyage tout azimut, pour un avenir plus durable et respectueux de notre Terre.

### **Remerciements**

Je remercie les trois collègues qui ont bien voulu réviser le texte et y apporter des améliorations significatives.

## Annexe



Figure Annexe. Évolution des indices boursier américain (Dow Jones, bourse de New York, DJ) et français (CAC40, bourse de Paris) de 1992 à 2020, sur une échelle relative. Les numéros de crises économiques font référence au Tableau 1. Cette figure montre que l'on retrouve les principales fluctuations générées par les crises répertoriées (Tableau 1) et mises en évidence à la Figure 2