

L'apport des Big Data pour les prévisions macroéconomiques à court terme et « en temps réel » : une revue critique

Nowcasting and the Use of Big Data in Short-Term Macroeconomic Forecasting: A Critical Review

Pete Richardson*

Résumé – Cet article propose une discussion sur l'utilisation des Big Data pour les prévisions économiques à court terme et la prévision « immédiate » (*nowcasting*) et un examen critique d'études empiriques récentes s'appuyant sur des sources de données massives, notamment les données de recherches Internet, de médias sociaux ou de transactions financières. Une conclusion générale est que, même si les Big Data peuvent fournir des informations nouvelles, uniques et à une fréquence élevée sur l'activité économique, leur usage pour les prévisions macroéconomiques est relativement restreint et a connu des degrés de réussite variables. Des problèmes spécifiques découlent en effet des limites de ces données, de la nature qualitative de l'information qu'elles procurent et des cadres de tests empiriques utilisés. Les applications les plus réussies semblent être celles qui cherchent à intégrer cette classe d'informations dans un cadre économique cohérent, par opposition à une approche statistique simpliste, de type boîte noire. L'analyse menée ici suggère que les travaux mobilisant les Big Data devront viser à améliorer la qualité et l'accessibilité des ensembles de données pertinents et à développer des cadres de modélisation économique plus appropriés pour leur utilisation future.

Abstract – *This paper provides a discussion of the use of Big Data for economic forecasting and a critical review of recent empirical studies drawing on Big Data sources, including those using internet search, social media and financial transactions related data. A broad conclusion is that whilst Big Data sources may provide new and unique insights into high frequency macroeconomic activities, their uses for macroeconomic forecasting are relatively limited and have met with varying degrees of success. Specific issues arise from the limitations of these data sets, the qualitative nature of the information they incorporate and the empirical testing frameworks used. The most successful applications appear to be those which seek to embed this class of information within a coherent economic framework, as opposed to a naïve black box statistical approach. This suggests that future work using Big Data should focus on improving the quality and accessibility of the relevant data sets and in developing more appropriate economic modelling frameworks for their future use.*

Codes JEL / JEL Classification: C53, E27, E37

Mots-clés : Big Data, recherches Internet, court terme, prévision macroéconomique, modèles, *nowcasting*
Keywords: *Big Data, internet search, short-term, macroeconomic forecasting, models, nowcasting*

Rappel :

Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n'engagent qu'eux mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent, ni a fortiori l'Insee.

* Llewellyn-Consulting, Londres (pete.w.richardson@gmail.com)

L'auteur, ancien responsable de la Division Analyse macroéconomique du Département des affaires économiques de l'OCDE à Paris, remercie ses anciens collègues, notamment Nigel Pain, David Turner et Christophe André de l'OCDE, et Robert Kaufmann de l'Université de Boston pour leurs commentaires et suggestions sur les versions précédentes de ce document et sa présentation au Groupe de travail de l'OCDE sur les nouvelles approches des défis économiques (NAEC) à Paris en janvier 2016 et lors de la conférence UN Project LINK à New York en octobre 2015. Merci également aux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires et suggestions utiles. Une grande partie de l'étude a été réalisée dans le cadre de la recherche de base pour l'étude de l'OCDE « OECD Forecasts During and After the Financial Crisis: A Post Mortem », comme indiqué par Pain et al. (2014) et Lewis & Pain (2015).

Reçu le 29 septembre 2017, accepté après révisions le 11 mai 2018

L'article en français est une traduction de la version originale en anglais

Pour citer cet article : Richardson, P. (2018). Nowcasting and the Use of Big Data in Short-Term Macroeconomic Forecasting: A Critical Review. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 505-506, 65–87. <https://doi.org/10.24187/ecostat.2018.505d.1966>

Bien que l'on ait beaucoup parlé du rôle et des utilisations possibles des Big Data pour les prévisions macroéconomiques, il semble n'y avoir actuellement que relativement peu de revues systématiques des travaux empiriques réalisés sur cette base¹. Cet article vise à combler ce manque, en proposant une analyse de la pertinence des Big Data pour les prévisions économiques et un examen critique de plusieurs études empiriques s'appuyant sur différentes sources dont les recherches Internet, sur les médias sociaux, et des données relatives à des transactions financières ou d'autre nature. L'approche est ici principalement menée dans une perspective de prévision économique pratique.

Comme le notent Bok *et al.* (2017), alors que les Big Data sont actuellement associées à ces très grands ensembles de données économiques dérivées d'Internet et de sources de transactions électroniques, nombre des problèmes associés à ce type de données existaient déjà pour les économistes et les statisticiens bien avant que leur collecte ne devienne possible et omniprésente pour l'économie et d'autres disciplines. Ces problèmes sont parfaitement illustrés par les travaux pionniers de Burns et Mitchell au NBER² pour identifier les cycles économiques en utilisant une très large gamme de sources de données, ainsi que par les travaux de Kuznets et de nombreux autres pour développer des cadres cohérents pour la mesure des comptes nationaux et des concepts statistiques associés, aboutissant au large éventail de données collectées et aux analyses développées actuellement. Parallèlement, l'évolution de l'économétrie, notamment des séries temporelles au cours des dernières décennies, permet aujourd'hui la mise au point de méthodes cohérentes et de plates-formes appropriées pour le suivi des conditions macroéconomiques en temps quasi réel³.

Le principal point de départ et la principale motivation de la présente analyse sont issus d'une analyse des prévisions internationales de l'OCDE pendant et après la crise financière, décrite par Pain *et al.* (2014) et Lewis & Pain (2015). À l'instar de nombreuses institutions nationales et internationales et conformément aux développements récents des techniques dites de prévision « immédiate » (*nowcasting*), les évaluations macroéconomiques à court terme de l'OCDE prennent systématiquement en compte les prévisions issues d'une série de modèles statistiques utilisant des indicateurs

économiques à une fréquence élevée pour fournir des estimations à court terme de la croissance du PIB de la zone euro et des économies individuelles du G7 pour le trimestre en cours et le trimestre suivant⁴. Ces modèles utilisent généralement des modèles autorégressifs de type *bridge model* pour combiner des informations de l'ordre des indicateurs « *soft* », tels que le climat des affaires (sentiment des entreprises) et les enquêtes auprès des consommateurs, avec des indicateurs « *hard* », tels que la production industrielle, le commerce de détail, les prix de l'immobilier, etc., en utilisant différentes fréquences de données et diverses techniques d'estimation. Les procédures d'estimation associées sont relativement automatisées et peuvent être exécutées au fur et à mesure de la publication des nouvelles données mensuelles, ce qui permet également une mise à jour rapide et un choix de modèle en fonction des informations disponibles.

Sur le plan empirique, les principaux avantages de cette façon de procéder sont généralement les plus importants pour les prévisions du PIB du trimestre en cours, établies au début du trimestre concerné ou immédiatement après, et pour lesquelles les modèles basés sur des d'indicateurs estimés apparaissent plus performants que les modèles autorégressifs simples sur séries temporelles, à la fois en termes de taille de l'erreur prédictive et de la précision directionnelle. Ainsi, les gains les plus importants surviennent une fois qu'un mois de données est disponible pour le trimestre considéré, généralement deux à trois mois avant la publication de la première estimation officielle du PIB. Pour les prévisions un trimestre à l'avance, la performance des modèles sur indicateurs estimés n'est sensiblement meilleure que celle des modèles plus simples de séries temporelles qu'une fois disponibles les informations sur un ou deux mois du trimestre précédant celui que l'on cherche à prévoir. Des gains modestes sont néanmoins obtenus en

1. Des informations utiles sur la littérature relative aux ensembles de données du Big Data et à leurs utilisations dans des études empiriques récentes sont également fournies par Buono *et al.* (2017), Bok *et al.* (2017), Hellerstein & Middeldorp (2012), Hassani & Silva (2015) et Ye & Li (2017).

2. Voir Burns & Mitchell (1946).

3. Voir en particulier les travaux récents de Giannone *et al.* (2008) et d'autres, pour développer des cadres cohérents d'analyse statistique à court terme et de « prévision immédiate » en combinant des modèles pour le Big Data avec des techniques modernes de filtrage et d'estimation.

4. À l'OCDE, ces modèles s'appuient sur les travaux novateurs de Sédillot & Pain (2003) et de Mourougane (2006) consistant à utiliser des indicateurs économiques à court terme pour prévoir les mouvements trimestriels du PIB en exploitant efficacement les informations mensuelles et trimestrielles disponibles.

termes de précision directionnelle avec l'utilisation de modèles d'indicateurs.

La nature générale de ces gains est illustrée dans la figure ci-dessous, qui résume les révisions successives des prévisions trimestrielles à court terme du PIB réalisées par l'OCDE pour l'ensemble des économies du G7 lors de la crise financière de 2008-2009 et de la période de reprise qui a suivi. Sur cette base, les comparaisons pour la période précédant la récession montrent une différence systématique relativement faible en termes de précision prédictive entre les modèles du trimestre en cours et du trimestre suivant (illustrés respectivement par des barres claires et légèrement ombrées). Mais à partir du second semestre de 2008, lors du ralentissement économique et de la reprise qui a suivi, les prévisions du modèle pour le trimestre en cours sont nettement supérieures aux prévisions initiales, reflétant l'importance relative, pour cette période, des indicateurs *hard*. On peut en conclure que les modèles d'indicateurs du PIB ont constitué une base utile pour évaluer les conditions économiques en cours pendant la récession au moment où les informations de type *hard* devenaient disponibles, même si l'ampleur du choc mondial était tout à fait en dehors de l'expérience intra-échantillon des modèles estimés. La performance prédictive

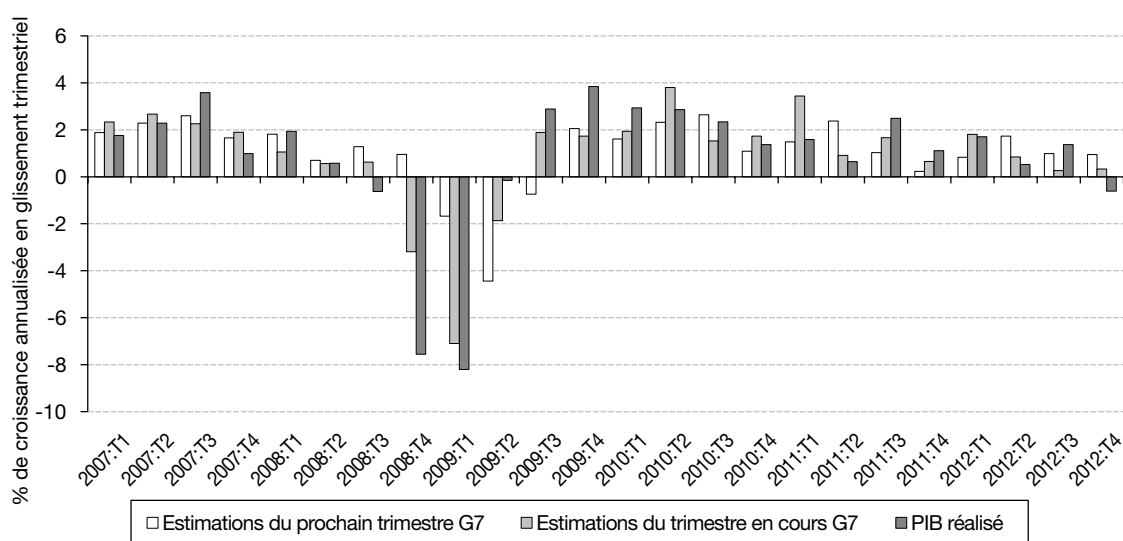
était notablement moins bonne en l'absence d'indicateurs *hard*.

Une limite importante à l'utilisation pratique des modèles d'indicateurs et autres modèles de prévision immédiate est liée aux délais de mise à disposition d'informations statistiques par les offices nationaux de statistiques et d'autres organismes en charge des statistiques et des enquêtes. En règle générale, on constate que les performances prédictives trimestrielles de tels modèles, en termes de qualité de l'ajustement et hors échantillon, s'améliorent considérablement lorsque davantage d'informations sont disponibles pour les indicateurs *hard* mensuels au cours du trimestre concerné ; cela soulève la question de savoir comment la disponibilité d'informations plus rapidement accessibles provenant d'autres sources pourraient faciliter les tâches d'évaluation et de suivi économiques à court terme.

Big Data, prévision « immédiate » et utilisation d'indicateurs électroniques dans les prévisions économiques

Reflétant ces préoccupations, un certain nombre d'études académiques et institutionnelles récentes, principalement postérieures à

Figure
Projections de l'OCDE pour le trimestre en cours et le trimestre suivant pour le PIB du G7 pendant la crise financière



Note : estimation pour le trimestre en cours pour la période 2007T1-2012T4 : erreur moyenne = - 0.1 ; MAE = 1.0 ; RMSE (effectif) = 1.3 ; RMSE (estimation) = 1.6. Pour le trimestre suivant : erreur moyenne = - 0.2 ; MAE = 1.6 ; RMSE (effectif) = 2.6 ; RMSE (estimation) = 2.0. La figure présente les prévisions successives de l'OCDE et les résultats effectifs concernant la croissance trimestrielle du PIB réel des pays du G7 pour la période 2007-2012, sur la base des modèles d'indicateurs à court terme et en temps réel de l'OCDE. Source: OECD, Pain *et al.* (2014).

la crise, ont mis l'accent sur l'utilité possible d'un ensemble de sources de données plus vaste que celui traditionnellement fourni par les instituts nationaux de statistiques, en particulier des sources de données massives dites « Big Data ». L'expression Big Data est utilisée dans le secteur de l'informatique depuis le début des années 1990 pour décrire des ensembles de données dont la taille dépasse, ou dépassait, largement les capacités des outils logiciels et des capacités informatiques couramment utilisés pour les capturer, les gérer et les traiter dans un délai acceptable, englobant une vaste gamme d'ensembles de données non structurés, semi-structurés et structurés. Cependant, avec la croissance exponentielle des capacités de stockage et de traitement des données au cours des dernières années, l'utilisation des Big Data est devenue de plus en plus facile pour les économistes et d'autres analystes⁵.

Dans ce contexte, un certain nombre d'études empiriques récentes ont mis l'accent sur l'utilité possible, pour la prévision économique, de trois grandes sources d'informations :

- les statistiques de recherches sur Internet, basées sur la fréquence de recherche de mots-clés ou de sujets spécifiques ;
- les médias sociaux sur Internet et les données de blogs tels que Twitter ;
- les données détaillées au niveau micro sur les transactions enregistrées électroniquement par des systèmes en forte croissance et très utilisés de paiements et de transactions financières.

Les principaux avantages de l'utilisation de telles sources proviennent de l'étendue de couverture et le niveau de détail qu'elles offrent (jusqu'au niveau micro des transactions individuelles) et de leur disponibilité rapide. Étant en principe disponibles pratiquement en temps réel, elles fournissent un aperçu des transactions et des tendances en cours bien avant que celles-ci ne soient enregistrées dans les statistiques officielles. Néanmoins, des problèmes majeurs demeurent quant à leur utilisation et leur développement, y compris leur interprétation et leur analyse, de même que les préoccupations traditionnelles concernant leur capture, leur conservation, leur stockage, leur partage, leur visualisation, et les questions de confidentialité⁶.

Dans ce contexte, les sections suivantes proposent une discussion et un examen critique d'études récentes utilisant des données provenant de chacune de ces trois principales sources, pour des analyses macroéconomiques et les prévisions économiques^{7 8}. En complément, un tableau synthétique annoté de ces études est proposé en annexe, résumant leur champ, les techniques employées et leurs principales conclusions et limites.

Utilisation de l'information des recherches Internet dans les modèles et les prévisions macroéconomiques

À la suite des travaux pionniers d'Ettredge *et al.* (2005), de Choi & Varian (2009a et 2009b) et de Wu & Brynjolfsson (2009), une documentation de plus en plus importante a été développée sur l'utilisation des statistiques de recherche Internet dans les modèles utilisés pour la prévision et l'évaluation économiques. Généralement, de telles études impliquent la construction d'indicateurs de séries temporelles hebdomadaires, mensuelles et trimestrielles, liés à la fréquence des recherches sur Internet pour un ou plusieurs mots-clés se rapportant à un thème ou à une catégorie d'activité économique spécifique pour une zone géographique ou un pays donné. Il peut s'agir, par exemple, de recherches sur des termes tels que « prestations sociales et indemnités de chômage », « saisie hypothécaire » ou « prêts auto », etc., pour le « pays A » ou l'« État B ». L'indicateur de série chronologique pertinent est ensuite généralement ajouté à un modèle de prévision de référence et testé pour déterminer sa signification dans et hors de l'échantillon. Le raisonnement sous-jacent est que la recherche sur Internet est devenue, pour les agents économiques, un moyen répandu et croissant d'obtenir des informations pertinentes pour leur situation, leurs activités et leurs décisions économiques immédiates ; cela se reflète au final dans leur comportement, et dans l'ensemble plus vaste de statistiques économiques et informations

5. En économie, Diebold (2000) a été le premier à décrire le phénomène des Big Data comme « l'explosion de la quantité (et parfois de la qualité) de données disponibles et potentiellement pertinentes, résultant en grande partie des progrès récents et sans précédent des techniques d'enregistrement et de stockage de données ».

6. Pour une description complète et à jour des différents ensembles Big Data disponibles et de leurs utilisations, voir aussi Buono *et al.* (2017).

7. À cet égard, la présente étude constitue un aperçu des études publiées disponibles aux alentours du printemps 2018.

8. Cette revue ne prend pas en compte les travaux plus récents présentés dans ce numéro, qui n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction.

sur un secteur, un phénomène ou une activité particulière. Par conséquent, l'intérêt de tels indicateurs pour les prévisions réside dans le fait qu'il apporte des informations supplémentaires pertinentes qui sont disponibles rapidement, à une fréquence élevée et avec une avance significative sur les transactions enregistrées par les statistiques officielles.

Alors que les études antérieures utilisaient des statistiques brutes de recherches provenant de divers moteurs de recherche sur Internet, Google Labs a depuis développé des outils relativement perfectionnés, disponibles sur le site Google Trends/Google Insights for Search, qui permettent aux chercheurs de récupérer des statistiques sur la fréquence de recherche de mots-clés ou de groupes de mots spécifiques par localisation, en temps quasi réel depuis 2004, pour des échantillons sur mesure. Les échantillons historiques disponibles, relativement restreints, sont plus limités en termes d'utilité générale pour la modélisation macroéconomique, de même que la méthode d'échantillonnage qui varie inévitablement dans le temps, comme nous l'expliquons plus loin. Néanmoins, de nombreuses études ont vu le jour, axées à l'origine principalement sur les indicateurs du marché du travail, mais s'étendant ensuite au logement, au tourisme, à la vente au détail et à la consommation, aux marchés du logement, aux prévisions d'inflation et aux marchés financiers, pour toute une gamme de pays.

Études sur le marché du travail

Les toutes premières séries d'études, et les plus nombreuses utilisant les indicateurs de recherches sur Internet pour les prévisions économiques, portaient sur le marché du travail et le chômage. L'étude pionnière réalisée par Ettredge *et al.* (2005), précédant de plusieurs années l'utilisation de Google Trends et d'autres sources de Big Data, examine le chômage mensuel aux États-Unis sur la période 2001-2004, à l'aide d'un indicateur de recherches Internet portant sur les recherches d'emploi dans diverses sources Internet. Avec un modèle de prévision autorégressif relativement simple, l'étude établit une relation significative, meilleure qu'en utilisant les données officielles sur les demandes hebdomadaires d'allocation chômage, entre les variables de recherche et les données sur le chômage des hommes adultes aux États-Unis. Des résultats globalement similaires sont rapportés pour

le chômage total mensuel en Allemagne par Askitas & Zimmermann (2009), avec des statistiques de recherche Google pour la période 2004-2008, par Choi & Varian (2009b) aux États-Unis, D'Amuri (2009) en Italie, D'Amuri & Marcucci (2009) et Tuhkuri (2015) pour les États-Unis au niveau global et au niveau des États, Suhoy (2009) pour Israël, Anvik & Gjelstad (2010) pour la Norvège et McLaren & Shanbhogue (2011) pour le Royaume-Uni.

La plupart de ces études utilisent une méthode similaire consistant à ajouter un indicateur de recherche Internet à des modèles autorégressifs de séries temporelles relativement simples, en niveau ou en différence première. Dans certains cas, notamment D'Amuri & Marcucci (2009), des modèles plus sophistiqués sont utilisés, incluant d'autres variables économiques et des indicateurs avancés de chômage. Bien que la sensibilité au choix du modèle de base et des mots-clés de recherche soit souvent mentionnée, la plupart de ces études considèrent que l'indicateur de recherche Internet pertinent est statistiquement significatif et offre une performance hors échantillon supérieure à celle des modèles de référence simples et, dans certains cas, à celle obtenue avec d'autres indicateurs pertinents, par exemple l'enquête des prévisionnistes professionnels de la BCE (*Survey of Professional Forecasters*).

L'étude américaine la plus récente, par Tuhkuri (2015), est dans l'ensemble plus complète en termes de choix et de sophistication des données, modèles statistiques et techniques d'estimation. Le principal résultat est que les améliorations de la précision prédictive obtenues grâce à l'utilisation des données de recherche de Google semblent robustes pour différentes spécifications du modèle et termes de recherche, mais sont généralement modestes par rapport aux études précédentes et limitées aux prévisions à court terme, et que la valeur informative des données de recherche Internet est plutôt ponctuelle.

Études sur la consommation

Les études sur la consommation, le commerce de détail et les ventes de voitures utilisant des indicateurs de recherches sur Internet incluent celles de Choi & Varian (2009a, 2011), Kholodilin *et al.* (2010) et Schmidt & Vosen (2011) pour les États-Unis, Chamberlin (2010) pour le Royaume-Uni, Bortoli & Combes (2015) pour la France, Toth & Hajdu (2012)

pour la Hongrie et Carrière-Swallow & Labbé (2010) pour le Chili. Les méthodes utilisées et les résultats obtenus varient considérablement d'une étude à l'autre.

Certaines études adoptent des stratégies de modélisation similaires à celles utilisées pour prévoir le chômage, en ajoutant des indicateurs de recherche Internet pertinents à des modèles de prévision temporelle relativement simples, tandis que d'autres incluent des indicateurs de recherche combinés à d'autres mesures sur le sentiment des consommateurs ou sur l'activité macroéconomique générale. Pour les États-Unis, Schmidt & Vosen (2011) utilisent des formes réduites de modèles plus complètement spécifiés de consommation, qui incluent des variables de revenu retardé, de taux d'intérêt et de cours boursiers. Dans la plupart des cas, les variables de recherches Internet apparaissent significatives, soit elles-mêmes, soit combinées avec d'autres variables, bien que parfois les gains se révèlent relativement modestes. Pour les ventes de voitures au Chili, Carrière-Swallow & Labbé (2010) ont constaté que l'introduction d'indicateurs de recherches portant sur les marques de voitures améliorerait de manière significative la qualité de l'ajustement et la performance prédictive des modèles autorégressifs de référence, et surpassait les mesures plus générales de l'activité économique.

Les résultats de Schmidt & Vosen (2011) en particulier tendent à montrer qu'avec des modèles AR(1) simples, la significativité individuelle de telles variables est supérieure, comme on pouvait s'y attendre (nous reviendrons sur ce point dans une section ultérieure). Avec des spécifications de fonctions de consommation plus semi-structurelles, ces variables se comportent aussi bien que – ou combinées avec – l'indicateur du *Conference Board* (organisation qui regroupe des entreprises et divers organismes de statistiques et de recherche de 60 pays), et les meilleures prévisions immédiates à un mois sont fournies par des modèles incluant l'indicateur Google. Un dérivé intéressant de cette étude est la conclusion selon laquelle l'indicateur *Michigan Consumer Sentiment* (un indicateur mensuel de confiance des consommateurs publié par l'université du Michigan) ne semble apporter aucune valeur prédictive supplémentaire.

Également intéressante, l'étude suivante de Schmidt & Vosen (2012) sur la consommation et les ventes de voitures neuves constate

que les indicateurs Google se révèlent généralement utiles pour modéliser et prévoir les effets de changements des systèmes de mise au rebut des véhicules (systèmes dits de « prime à la casse »), aux États-Unis, en France, en Allemagne et en Italie sur la période 2002-2009. Une tel constat suggère le rôle éventuellement utile de ces indicateurs pour la détection et la prévision d'effets liés à des événements spéciaux ou à des changements structurels, lorsque les autres informations ne sont pas disponibles en temps utile. Cependant, les auteurs notent que les principales difficultés dans de telles circonstances viennent souvent de l'identification d'événements irréguliers significatifs et de la construction d'une mesure appropriée à partir des données de recherches disponibles.

Le document plus récent de l'Insee, de Bortoli & Combes (2015), examine l'utilité des indicateurs Google pour modéliser la consommation française à différents niveaux d'agrégation. Les résultats sont assez mitigés et suggèrent que les statistiques de recherches Internet n'améliorent les prévisions de dépenses mensuelles que de manière limitée et pour un ensemble restreint de biens et de services (vêtements, produits alimentaires, biens de consommation durables et transports).

Autres études

D'autres études, axées essentiellement sur des questions touchant les comportements des ménages, ont porté sur le marché du logement, le tourisme et les anticipations d'inflation. Webb (2009) constate une forte corrélation entre les recherches sur le mot-clé « saisie » et les saisies immobilières enregistrées aux États-Unis, tandis que Wu & Brynjolfsson (2009, 2013) trouvent un indicateur de logement, basé sur la recherche Internet, significatif et fortement prédictif des ventes et des prix des logements aux États-Unis ainsi que des ventes d'appareils ménagers. Hellerstein & Middeldorp (2012) ont constaté des améliorations similaires pour la prévision du refinancement des prêts hypothécaires aux États-Unis, bien que les gains se soient révélés non significatifs au-delà d'un délai d'une semaine. McLaren & Shanbhogue (2011) font état de résultats relativement solides pour les prix de l'immobilier au Royaume-Uni, avec un indicateur de recherches sur Internet surpassant d'autres indicateurs sur la période 2004-2011.

En ce qui concerne le tourisme et les voyages, Choi & Varian (2011) obtiennent des résultats significatifs pour le tourisme à Hong Kong. Artola & Galen (2012) obtiennent des résultats similaires pour le Royaume-Uni, en ajoutant des indicateurs basés sur Google aux modèles ARIMA pour les recherches de vacances à destination de l'Espagne. Ils signalent toutefois une sensibilité considérable au choix du modèle de référence et aux mots-clés de recherche, en particulier lorsqu'ils sont utilisés dans différentes langues. En examinant une série d'indicateurs sur les anticipations d'inflation, Guzmán (2011) constate que les indicateurs basés sur Google, de fréquence plus élevée, sont généralement plus performants que les indicateurs usuels à plus faible fréquence.

Travaux sur les marchés financiers

Un nombre considérable d'études ont examiné la pertinence d'indicateurs basés sur les recherches sur Internet pour les marchés financiers, mais dans des cadres autres que celui de la prévision. Par exemple, Andrade *et al.* (2009) utilisent ces mesures pour identifier les bulles de volatilité des marchés dans la perspective de la bulle boursière chinoise de 2007. Vlastakis & Markellos (2010) montrent de fortes corrélations entre les données sur le volume de recherches par nom de société, les volumes de transactions et le surplus de rendement des actions, pour les 30 plus grandes sociétés cotées à la Bourse de New York.

Da *et al.* (2010, 2011) constatent des corrélations similaires entre les variables de recherche de produits, les revenus exceptionnels et l'intérêt des investisseurs pour 3 000 sociétés américaines, tandis que Preis *et al.* (2012) obtiennent de fortes corrélations entre les recherches sur les noms et les volumes de transactions pour les entreprises S&P 500. Dimpfl & Jank (2012) font également état de fortes corrélations entre la recherche de noms de sociétés sur Google (en tant que mesure de l'attention des investisseurs) et les fluctuations et la volatilité des marchés boursiers américains, les indicateurs de recherche de Google fournissant de meilleures prévisions hors échantillon que les modèles ARIMA. Hellerstein & Middeldorp (2012) estiment qu'un indicateur de recherche Google est intéressant pour modéliser les mouvements de certaines variables du marché à terme dollar-renminbi, mais avec un pouvoir prédictif faible.

Globalement, le manque de résultats solides ou d'applications de prévision dans le domaine des marchés financiers est peut-être de moindre importance compte tenu de la disponibilité plus large de statistiques à haute fréquence pour les variables du marché financier⁹.

Études macroéconomiques plus générales

Contrairement aux études précédentes, où les indicateurs basés sur les recherches Internet sont directement inclus comme des variables économiques explicatives dans des modèles de régression, Koop & Onorante (2013) utilisent une approche différente en introduisant des mesures de probabilité basées sur la recherche sur Google dans un système de prévision immédiate avec modèle dynamique de *switching* (DMS), dans lequel une régression est opérée sur les résultats actuels par rapport à des valeurs retardées du jeu de variables dépendantes et d'indicateurs Google. En d'autres termes, au lieu d'utiliser les volumes de recherches Internet comme de simples régresseurs, ils leur permettent également de déterminer le poids accordé à d'autres équations de prévision immédiate au fil du temps. L'idée ici est que les informations de recherches sur Internet peuvent fournir aux chercheurs des informations utiles sur les variables macroéconomiques les plus importantes relativement aux préoccupations et aux attentes des agents économiques, à des points donnés dans le temps. Cela prendrait un sens par exemple dans un contexte où la structure économique sous-jacente n'est pas constante, où ces données sont particulièrement intéressantes pour traiter des événements imprévus tels qu'une crise financière ou une récession.

Appliquant cette méthode à des modèles portant sur des données mensuelles américaines pour une sélection de variables macroéconomiques (notamment inflation, production industrielle, chômage, prix du pétrole, masse monétaire et autres indicateurs financiers), les auteurs constatent que les modèles de *switching* sont généralement supérieurs aux autres, qu'ils mobilisent ou non des probabilités basées sur des recherches Internet. Ils observent tout d'abord que l'inclusion de données de recherches Internet améliore souvent les performances de prévision immédiate,

9. Cette constatation contraste avec les études des marchés financiers basées sur les indicateurs des médias sociaux, telles que décrites dans une section ultérieure, et pour lesquelles la prévision à haute fréquence présente un intérêt très spécifique.

complétant ainsi la littérature existante en montrant que les variables de recherche sur Internet sont non seulement utiles pour traiter des variables désagrégées spécifiques, mais peuvent également être utilisées pour améliorer la prévision immédiate pour les grands agrégats macroéconomiques. Ils constatent également qu'il est souvent préférable d'introduire l'information provenant de variables sur les recherches Internet sous la forme de probabilités modélisées plutôt que comme de simples régresseurs. Les résultats sont dans l'ensemble assez mitigés selon les variables, étant plus positifs pour les variables relatives à l'inflation, aux salaires, aux prix et financières, non concluants pour la production industrielle, et notablement plus faibles pour le chômage.

Limites de l'utilisation d'indicateurs basés sur les recherches Internet

Bien que les études passées en revue tendent à confirmer que des mesures reposant sur les recherches Internet sont utiles pour l'évaluation à court terme et la prévision immédiate de diverses variables économiques, nombre d'entre elles soulignent aussi que les résultats ont tendance à être mitigés selon les thèmes, et soumis à un certain nombre de limites spécifiques et de biais possibles, à la fois en raison de la nature qualitative des données et des cadres de modélisation utilisés.

Les ensembles de données

Premièrement, il convient de noter que les différentes mesures ne correspondent pas spécifiquement au nombre absolu de recherches, mais plutôt à la proportion de recherches effectuées sur un sous-échantillon particulier à l'aide de mots-clés ou de sujets spécifiés sur une période donnée, définie de façon appropriée. C'est pourquoi les ensembles de données utilisés doivent souvent être « nettoyés » pour éliminer des valeurs aberrantes, des événements exceptionnels ou des termes de recherche aberrants qui pourraient sinon submerger les données¹⁰. Parallèlement, de par leur nature même, les indicateurs à fréquence élevée, basés sur les recherches Internet, s'appuient sur un échantillon variable et non stratifié, qui évolue continuellement dans le temps. Ces deux facteurs sont susceptibles d'ajouter du bruit aux mesures sous-jacentes et de les rendre plus qualitatives qu'elles ne le semblent à première vue. En effet, dans de nombreux cas, la nature qualitative des

statistiques de recherches sur Internet soulève la question de la nature générale de la relation sous-jacente, par exemple, en ce qui concerne l'échelle, la linéarité ou même le signe¹¹.

Deuxièmement, la brièveté des échantillons de recherches sur Internet, qui remontent au milieu des années 2000, en limite la portée pour la stabilité et les tests dans une gamme de modèles existants, tant statistiques que structurels¹². La plupart des études s'appuient donc sur des échantillons relativement brefs de données à haute fréquence, parfois sujettes à une forte saisonnalité, ce qui risque de biaiser les relations sous-jacentes. Au moins visuellement, cela semble être le cas dans un certain nombre d'études antérieures prétendant illustrer des relations historiques étroites entre l'indicateur de recherches Internet et la variable concernée.

Un grand nombre d'études soulignent également la sensibilité des résultats au choix des mots-clés et des modèles de référence¹³. La sensibilité des résultats au choix des mots-clés est bien sûr un problème qui implique des précautions lors de la construction d'un indicateur destiné à un usage spécifique. Le chercheur a beaucoup à faire pour concevoir/construire ses propres indicateurs – ce qui présente des avantages considérables pour l'utilisation dans des domaines spécialisés – mais à ce jour, il ne semble pas exister de mesures normalisées disponibles pour des objets spécifiques tels que le suivi de la situation macroéconomique générale ou son analyse au niveau national ou international.

Les cadres de modélisation

En ce qui concerne la sensibilité au choix des modèles de base, il convient de noter que, à quelques exceptions près¹⁴, les études relevant une significativité élevée ou de meilleures prévisions hors échantillon le font souvent par comparaison avec des modèles autorégressifs

10. Par exemple, le décès de Michael Jackson en juin 2009 a entraîné une forte augmentation de l'activité de recherche sur Internet, avec un effet très négatif sur les parts relatives des recherches pour tous les autres sujets au cours de cette période.

11. L'intensité de la recherche pour une série de variables économiques peut être associée à des mouvements à la fois positifs et négatifs de la variable concernée et peut être spécifique au moment ou à un épisode.

12. Voir par exemple les commentaires de Chamberlin (2010), Schmidt & Vosen (2012) et Bartoli & Combes (2015).

13. Voir par exemple, les commentaires de Artola & Galen (2012), Askitas & Zimmermann (2015), Chamberlin (2010) et Tkacz (2013).

14. Les exceptions notables ici incluent D'Amuri (2009), D'Amuri & Marcucci (2009), Schmidt & Vosen (2011).

univariés relativement simples, incluant un faible nombre de retards. Ces résultats ne sont donc probablement pas surprenants, dans la mesure où, sans information supplémentaire, ce type de modèles est rarement en mesure de fournir davantage que des prévisions lisses à court terme, ajustant les résultats récents aux tendances à plus long terme, et échouant de ce fait à détecter les mouvements irréguliers à court terme ou les points de retournement.

Relativement peu d'études semblent avoir été réalisées pour tester ou intégrer systématiquement des variables basées sur des recherches Internet dans les cadres existants de modèles d'indicateurs destinés à la prévision de variations à court terme ou de points de retournement des principaux agrégats, PIB ou commerce, ou à compléter ou prédire d'autres indicateurs à fréquence élevée largement avant leur publication. Des exceptions importantes se trouvent dans les travaux de Koop & Onorante (2013), qui associent des informations de recherches Internet à des modèles probabilistes à changement de régime, et dans les travaux de Galbraith & Tkacz (2015), qui testent et utilisent des variables de recherches Internet dans des systèmes d'indicateurs plus étendus.

Un sous-ensemble relativement restreint d'études utilise cependant avec succès des indicateurs basés sur les recherches Internet pour augmenter et améliorer des modèles économiques plus classiques et/ou basés sur des indicateurs, ou pour prendre en compte des facteurs particuliers dans des relations spécifiques aux niveaux macro et sectoriel. Bien qu'une grande partie de la littérature vise également à améliorer la détection des points de retournement, très peu semble avoir été fait pour tester ou intégrer systématiquement des variables basées sur les recherches Internet dans les cadres existants d'indicateurs et de modèles *bridge* destinés à prévoir les mouvements à court terme des principaux agrégats, PIB ou commerce, ou à augmenter/prédire d'autres indicateurs à fréquence élevée, largement avant leur publication. Des travaux supplémentaires dans tous les domaines mentionnés semblent nécessaires pour exploiter les principaux avantages des indicateurs basés sur les recherches Internet par rapport à d'autres indicateurs, à mesure que les ensembles de données pertinents sont étendus et améliorés au fil du temps.

Utilisation des médias sociaux et des informations basées sur Twitter dans la modélisation macroéconomique

À de nombreux égards, les ensembles de données des médias sociaux, tels que Twitter et autres blogs d'utilisateurs, sont potentiellement plus riches et présentent donc des avantages importants par rapport aux indicateurs basés sur les fréquences de recherches sur Internet :

- la taille des échantillons est souvent beaucoup plus grande et la disponibilité est pratiquement continue ;
- les données ont une portée plus variée, avec plus de détails généraux et spécifiques sur les messages ;
- ces ensembles de données permettent une approche plus stratifiée, en analysant les informations provenant d'échantillons représentatifs sélectionnés ou de groupes d'utilisateurs bien définis ;
- l'absence de préparation/filtrage par les propriétaires de données, comme avec Google Trends, peut être un avantage ou un inconvénient.

Les entrées de blog et les tweets sur les médias sociaux peuvent concerner n'importe quel sujet, l'utilisateur étant totalement libre de ce qu'il choisit de publier. Pour la plupart, ces données sont librement accessibles, soit directement sous forme brute, soit indirectement par le biais des interfaces de programmation d'applications (API) des médias sociaux. C'est donc une source d'information de plus en plus accessible, et mobilisée par les chercheurs qui souhaitent construire des indicateurs, généraux ou spécifiques à un lieu ou un moment donné, de « climat » (appréciation de la situation) ou d'intentions sur des sujets particuliers.

Marchés financiers

À ce jour, la grande majorité des études empiriques publiées utilisant les données de médias sociaux comme intrants pour les modèles économiques et les prévisions¹⁵ sont plutôt à court terme et concernent le domaine des finances et des cours boursiers. Gilbert & Karahalios (2010), par exemple, utilisent un ensemble de données de plus de 20 millions de publications sur LiveJournal, afin de construire un indice d'anxiété de la population

(*Anxiety Index*). Ils se basent sur un panel de 13 000 contributeurs à LiveJournal, choisis selon des catégorisations linguistiques sur la base des entrées de 2004, comme un sous-échantillon connu pour exprimer fréquemment des degrés divers d'anxiété (en général, non spécifiquement liés à des événements économiques). Ce sous-échantillon est ensuite utilisé pour construire l'indice d'anxiété sur la base de leurs billets de blog quotidiens jusqu'en 2008 et pour tester son éventuelle « influence » sur l'indice boursier S&P 500, en utilisant une relation statistique de référence impliquant des valeurs d'indice retardées et les niveaux et changements retardés du volume des transactions.

En utilisant une combinaison de régression et de tests de causalité de Granger, la conclusion générale est que l'indice d'anxiété contient des informations statistiquement significatives qui n'apparaissent pas dans les données du marché. Les auteurs notent toutefois que ce résultat est quelque peu affaibli par des tests supplémentaires visant à inclure l'indice VIX du Chicago Board Options Exchange¹⁶, qui, dans certains modèles, tend à dominer l'indice d'anxiété. Même dans ce cas, la colinéarité générale avec le VIX est considérée comme une validation possible de l'utilité de l'indice d'anxiété comme mesure de l'incertitude des marchés boursiers, cet indice étant basé sur davantage de données. Les auteurs notent néanmoins qu'il reste beaucoup à faire pour surmonter les difficultés inhérentes à l'interprétation des informations de blogs et leurs ambiguïtés potentielles. Ils soulignent également la volatilité potentielle des indices associée à des événements externes non économiques et, facteur important, le caractère exceptionnel à bien des égards de l'année échantillon de 2008.

Un certain nombre d'études parallèles ont porté uniquement sur les corrélations entre les indicateurs de « climat » basés sur les médias sociaux et les variables économiques pertinentes, et non sur des modèles de prévision. Par exemple, Zhang *et al.* (2010) examinent un très grand échantillon d'entrées quotidiennes sur Twitter entre mars et septembre 2009 pour estimer diverses mesures des degrés de sentiment positifs et négatifs, allant de la peur à l'espoir. Ces informations sont ensuite corrélées avec les valeurs correspondantes des indices Dow Jones, NASDAQ, S&P 500 et VIX. Des corrélations statistiquement significatives sont constatées, cohérentes avec les impacts négatifs des

indicateurs retardés de « climat » sur les cours boursiers actuels et par rapport au VIX. Les auteurs notent cependant que ces corrélations sont valides tant pour les sentiments positifs que négatifs, ce qui signale l'importance relative des explosions émotionnelles par opposition aux tendances spécifiques du climat sur la période de l'échantillon.

Dans une approche similaire mais plus formelle, Bollen *et al.* (2011) examinent la relation entre les indicateurs de climat dérivés des flux Twitter à grande échelle et les modifications de l'indice Dow Jones au fil du temps¹⁷. Plus précisément, le contenu textuel des flux Twitter quotidiens est analysé à l'aide de deux outils de suivi du climat, du mois de mars au 19 décembre 2008. Le premier outil, OpinionFinder, analyse le contenu textuel des tweets pour fournir une série chronologique quotidienne de l'équilibre entre humeur publique positive et humeur publique négative. Le second outil, Google-Profile of Mood States (GPOMS), analyse le contenu textuel afin de fournir une vue plus détaillée des changements dans les sentiments du public à l'aide de six états différents (calme, attentif, tranquille, énergique, de bonne humeur, heureux). Les indicateurs résultants sont ensuite corrélés au Dow Jones, sur une base quotidienne, en mobilisant un modèle autorégressif général et le cadre de tests de causalité de Granger. Les auteurs concluent que les résultats corroborent l'opinion selon laquelle l'exactitude des modèles de prévision du marché boursier est considérablement améliorée (d'environ 6 %) lorsque certaines dimensions du « climat », mais pas toutes, sont prises en compte¹⁸. En particulier, les variations des états « calme » et « heureux » dans les dimensions des sentiments mesurés par GPOMS s'avèrent avoir une certaine valeur prédictive. Ce n'est pas le cas du score général d'optimisme et pessimisme mesuré par OpinionFinder.

15. Les applications précédentes basées sur les médias sociaux et les indicateurs de sentiment couvrent un assez large éventail de sujets, notamment : vente de livres (Gruhl *et al.*, 2005), recettes de billetterie du cinéma (Mishne & Glance, 2005 ; Liu *et al.*, 2007), pandémies grippales (Ritterman *et al.*, 2009), cotes des émissions de télévision (Wakamiya *et al.*, 2011) et résultats des élections (O'Connor *et al.*, 2010 ; Tumasjan *et al.*, 2010).

16. L'indice VIX est une mesure très utilisée des attentes du marché boursier en matière de volatilité impliquée par les options de l'indice S&P 500, calculées et publiées par le Chicago Board Options Exchange (CBOE), couramment appelé le fear index ou fear gauge (l'indice de peur ou la jauge de peur), voir Brenner & Galai (1989).

17. Pour une approche similaire mais plus réduite et à fréquence plus élevée, voir Wolfram (2010).

Dans le prolongement de ces travaux, Mao *et al.* (2012) se concentrent davantage sur la pertinence des informations de Twitter spécifiques aux finances, par opposition aux expressions de sentiments positifs et négatifs générales. Plus précisément, ils examinent la relation entre le nombre quotidien de tweets mentionnant des titres S&P 500, les cours boursiers correspondants et les volumes négociés au niveau agrégé, pour 10 secteurs de l'industrie pris individuellement, et au niveau de l'entreprise, pour Apple Inc. Cet examen se fait par corrélation entre les mesures boursières quotidiennes sur une période d'environ 3 mois (février à mai 2012) et les indicateurs de volume Twitter. L'analyse est ensuite étendue en utilisant des modèles autorégressifs linéaires simples pour prédire les indicateurs du marché boursier avec l'indicateur des données Twitter comme intrant exogène. Les résultats globaux sont assez mitigés et varient selon le niveau d'agrégation.

Des corrélations significatives sont constatées au niveau agrégé entre l'indicateur Twitter et les niveaux et les variations des prix, mais les corrélations avec les volumes de transactions ne sont pas significatives. Pour 8 des 10 secteurs de l'industrie et des entreprises (les exclusions notables étant les consommations courantes régulières), des corrélations statistiquement significatives sont constatées avec les niveaux de volumes échangés mais ces corrélations ne sont pas significatives pour les prix. Pour le secteur financier et Apple Inc. (les catégories les plus fortement « tweetées »), les corrélations sont statistiquement significatives avec les volumes et pour les prix. Les résultats sont globalement reflétés dans les tests de précision prédictive, l'indicateur Twitter améliorant les prévisions de volumes et de prix globalement et pour le secteur financier, mais uniquement les prévisions de volumes pour Apple Inc. Malgré tout, les prévisions de retournement au cours de la période d'échantillonnage sont au mieux exactes à 68 % globalement et pour le secteur financier, et à seulement 52 % pour Apple Inc., ce qui est proche d'un mouvement purement aléatoire. Les auteurs concluent que les corrélations pertinentes sont statistiquement significatives et permettent de prévoir sur une base quotidienne certaines variations boursières, même si des efforts supplémentaires sont nécessaires pour affiner le choix des termes de recherche, filtrer les tweets parasites, collecter des données à plus long terme et combiner les indicateurs sur le nombre, la pertinence et les sentiments des tweets individuels.

Les travaux ultérieurs de Mao *et al.* (2014), notant l'ampleur des erreurs de mesure et de classification associées au traitement basé sur l'apprentissage automatique des sources de données issues des blogs, se concentrent sur un ensemble d'indicateurs plus simples, basés sur la fréquence d'utilisation des termes liés aux tendances baissières ou haussières du marché dans les posts de Twitter et les recherches sur Google¹⁹. Ces indicateurs sont calculés quotidiennement (Twitter) sur la période 2010-2012, et hebdomadairement (Google Trends) sur la période 2007-2012, puis comparés à d'autres indicateurs de sentiment des investisseurs. Les pouvoirs prédictifs relatifs sont ensuite analysés dans le contexte de petits modèles dynamiques sur les cours et les rendements des marchés boursiers américain, britannique, canadien et chinois²⁰. En comparant les mesures et en ajustant les fréquences, les mesures de tendances haussières du marché basées sur Twitter s'avèrent conduire et « prédire » les variations des mesures correspondantes basées sur Google, tandis que les deux mesures révèlent une corrélation positive avec les principales enquêtes établies sur le sentiment des investisseurs aux États-Unis²¹.

En utilisant un cadre de modélisation VAR dynamique assez détaillé pour les États-Unis (incluant également les volumes d'échanges et d'autres indicateurs de sentiment comme variables explicatives), l'indicateur basé sur Twitter s'avère à la fois statistiquement significatif et plus performant pour les prévisions du rendement des actions sur une base quotidienne. En outre, des niveaux élevés de tendances haussières sur Twitter sont associés à des variations des rendements boursiers quotidiens au cours des jours suivants, avec un retour à des niveaux normaux dans les deux à cinq jours suivants. L'indicateur Google correspondant s'est également avéré statistiquement significatif, mais avec un pouvoir prédictif inférieur, attribué à sa faible fréquence et à l'absence de dynamiques pertinentes. Des corrélations similaires sont constatées pour le Royaume-Uni, le Canada et la Chine (dans

18. Comme nous le verrons plus loin, ce résultat « historique » est vivement contesté par d'autres auteurs, voir Lachanski & Pav (2017).

19. L'avantage spécifique d'une telle approche est que ces termes sont utilisés de manière non ambiguë et de façon ciblée pour faire référence aux conditions des marchés financiers.

20. Spécifiquement, pour les États-Unis, ils examinent un certain nombre d'indicateurs de marché, notamment les indices Dow Jones et S&P, pour le Royaume-Uni, le FTSE100, pour le Canada, le S&P/TSX et pour la Chine, l'indice SSE.

21. Ces indices incluent le Daily Sentiment Index et le Sentiment Report of Investors Intelligence d'US Advisors.

des modèles à deux variables plus simples) mais avec un pouvoir prédictif inférieur pour la Chine. L'indicateur Google s'avère également corrélé de manière significative aux quatre marchés boursiers analysés mais avec un pouvoir prédictif plus faible. Les auteurs notent que les résultats globaux sont prometteurs en termes de corrélation prédictive, mais sont moins clairs en ce qui concerne la causalité, qui reste un problème de recherche difficile pour l'analyse des Big Data et le développement de méthodes de conception expérimentale et d'algorithmes d'apprentissage automatique appropriés.

Parmi les autres contributions notables à la littérature financière utilisant des indices basés sur Twitter, on peut citer Arias *et al.* (2012), qui appliquent des algorithmes complexes d'arbres décisionnels aux informations basées sur Twitter pour analyser les ventes de billetterie de cinéma et les cours boursiers, Ranco *et al.* (2015), qui examinent l'impact des mesures basées sur Twitter pour les effets des « études d'événement » sur les rendements boursiers de 30 sociétés leader de l'indice Dow Jones entre 2013 et 2014. Bartov *et al.* (2015), qui couvrent 300 entreprises de 2009 à 2012, cherchent à déterminer de manière plus spécifique si l'opinion agrégée des tweets individuels concernant une entreprise peut aider à prévoir les bénéfices et les rendements des actions de l'entreprise autour des annonces de bénéfices, et si la capacité à prédire les rendements anormaux est meilleure pour les entreprises intervenant dans des environnements d'information moins riches.

La littérature basée sur Twitter, émanant initialement des sciences de l'information et du traitement des données et des études sur l'intelligence artificielle, ne manque pas de critiques dans le monde de l'économie et de la finance. Une récente étude de Lachanski & Pav (2017) critique fortement l'approche générale et les résultats de Bollen *et al.* (2011), qu'ils considèrent incompatibles à la fois avec la théorie de l'information et avec les analyses textuelles basées sur le sentiment des investisseurs. Cherchant à reproduire des indicateurs et des modèles de sentiment similaires, ils trouvent une certaine corrélation avec l'indice Dow Jones intra-échantillon mais aucune corrélation hors échantillon. Bien que ces résultats puissent être attribués à des différences mineures de couverture des données et de choix de la

période étudiée, les auteurs concluent que les résultats de Bollen présentent des valeurs fortement aberrantes et qu'il n'existe que peu ou pas de preuves crédibles montrant que des mesures basées sur Twitter pour les sentiments collectifs généraux puissent être utilisées pour prévoir l'activité de l'indice sur une base quotidienne. De façon générale, ils font valoir que l'étude de Bollen *et al.* (2011) est fondamentalement erronée et a conduit à une « perte sèche pour la littérature financière ».

Marchés du travail

À ce jour, il semble que relativement peu d'études économiques associées à Twitter aient été publiées en dehors du secteur des marchés financiers. Les recherches sur le marché du travail d'Antenucci *et al.* (2014), de l'université du Michigan, constituent une exception importante. Ils ont développé des mesures de flux sur le marché du travail à partir des données des médias sociaux. Des échantillons particulièrement volumineux basés sur Twitter ont été utilisés pour produire des indicateurs de pertes, recherches et offres d'emploi, en vue d'analyser les estimations hebdomadaires à fréquence élevée des flux sur le marché, de juillet 2011 à début novembre 2013. Les mesures sont d'abord dérivées de la fréquence d'utilisation des termes de perte et de recherche d'emploi dans l'échantillon de tweets. Elles sont ensuite combinées en mesures composites en utilisant leurs principaux éléments pour suivre les demandes initiales d'assurance chômage à des fréquences moyennes et élevées. L'indice résultant présente un meilleur rapport signal/bruit que les données initiales pour les demandes d'assurance chômage, ce qui pourrait être utile pour les responsables politiques qui ont besoin d'indicateurs à fréquence élevée, en temps réel. Sur la période de l'échantillon, l'indicateur contribue de 15 à 20 % à la variance de l'erreur de prédiction pour la prévision consensuelle des demandes d'assurance chômage initiales. L'indicateur a également été jugé utile pour fournir des indicateurs en temps réel lors d'événements tels que l'ouragan Sandy, ou l'arrêt des activités gouvernementales fédérales de 2013 aux États-Unis, bien que ces travaux soient actuellement en cours de révision depuis que les estimations du modèle original ont commencé à dévier vers la mi-2014.

Les limites de l'utilisation des médias sociaux dans les études de prévision actuelles

Dans l'ensemble, les difficultés liées à l'extraction et à l'utilisation d'ensembles de données des médias sociaux sont considérables et peut-être supérieures à celles rencontrées pour les données issues de recherches sur Internet. En règle générale, le chercheur doit mettre au point des méthodes de recherche sur de grands ensembles d'entrées de blog afin d'identifier, dans un échantillon et une période donnés, la fréquence d'utilisation d'expressions ou de mots-clés spécifiques par les contributeurs. Ce travail peut par exemple inclure la recherche d'expressions renvoyant à des notions comme la sécurité de l'emploi, la perte d'emploi, à des noms de produits de consommation ou d'entreprises, ou des expressions utilisées de façon plus générale pour indiquer le degré d'anxiété ou de confiance en général ou plus particulièrement sur la situation économique et financière. Ainsi, bien que ces publications sur les blogs soient plus riches en contenu, elles sont également plus exposées à des différences en termes de linguistique, d'interprétation et de nuances dans l'utilisation de la langue que les données de recherches sur Internet.

Pour toutes ces raisons, et compte tenu du volume considérable à traiter, une grande partie du travail dans ce domaine s'appuie sur les développements de l'informatique, de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle, pour la conception et l'application de filtres automatisés très élaborés permettant d'extraire le contenu informatif d'entrées de blog textuelles simples. Il est intéressant de noter qu'une grande partie de la littérature d'origine est issue de l'étude des méthodes de calcul, de linguistique et d'apprentissage automatique, et non des domaines de l'économie et des finances. C'est pourquoi ces travaux ne sont pas toujours développés dans les cadres théoriques et empiriques clairs et familiers plus couramment utilisés dans la recherche économique et en économétrie. Bien que ces études recourent souvent à des techniques d'apprentissage automatique de pointe, il existe relativement peu de tests démontrant la supériorité de leur approche relativement à des mesures plus simples portant sur l'équilibre des fréquences.

De même, il y a une sorte de « quête du Graal » pour trouver un indicateur du marché financier s'appuyant sur de larges bases et capable

d'expliquer, de prédire ou, au mieux, d'assurer une corrélation avec des variables financières choisies. Peut-être en raison de la taille énorme des échantillons de données brutes à fréquence élevée, les échantillons temporels choisis semblent souvent trop particuliers et restreints, comme le soulignent Lachanski & Pav (2017). Dans ce contexte, les travaux plus récents de Mao *et al.* (2015) qui se concentrent sur des variables plus simples, définies de manière plus étroite afin d'être pertinentes pour les marchés financiers, sur une période d'échantillonnage plus longue et qui comparent les mesures, peuvent s'avérer plus gratifiants. Même dans ce cas, l'accent est mis trop souvent sur le pouvoir prédictif à très court terme (quotidien) et sur la nécessité de disposer d'un modèle plus détaillé pour les cours des actions américaines, par opposition à ceux des autres économies. Ces deux facteurs limitent clairement leur pertinence globale pour l'analyse macroéconomique par opposition aux applications de trading axées sur le profit.

De même que dans l'ensemble des études basées sur les variables de recherches Internet, les modèles utilisés dans de nombreuses études basées sur les médias sociaux sont presque exclusivement statistiques et, en l'absence d'autres variables explicatives, peuvent s'avérer trop simples pour en dire beaucoup sur la dynamique sous-jacente ou les valeurs prédictives relatives des différents indicateurs analysés. En outre, une omission surprenante et peut-être importante dans ces études est que les marchés financiers sont intrinsèquement internationaux, donc liés les uns aux autres et influencés par d'autres phénomènes mondiaux.

Structure et utilisations d'autres sources de données massives : les transactions électroniques et les indicateurs de confiance

Dans la mesure où une part importante et croissante des transactions financières et commerciales mondiales est réalisée par des systèmes de paiement et de transactions électroniques, l'intérêt a été croissant pour l'emploi de statistiques à fréquence élevée provenant de ces sources dans des cadres de prévision et d'évaluation formels et informels. Généralement, ces systèmes couvrent un large éventail d'informations et de fréquences, jusqu'au niveau des transactions individuelles. De ce fait, la confidentialité et les droits de

propriété constituent des limites importantes pour leur utilisation au-delà d'un cercle étroit.

Indicateurs des transactions commerciales SWIFT

Dans ce contexte, les récentes enquêtes mondiales sur le commerce et les finances menées par l'ICC (*Global Surveys of Trade and Finance*) et les récents rapports de blog de la BERD attirent particulièrement l'attention sur l'utilisation des indicateurs SWIFT pour suivre les opérations de crédit commercial et le volume des transactions commerciales^{22 23}. Tout en exprimant un certain nombre de mises en garde importantes sur la forme et la couverture de ce type de données, les deux rapports fournissent des exemples utiles de la forte baisse d'une année à l'autre des messages liés aux transactions SWIFT (correspondant à une part importante de lettres de crédit commerciales) entre fin 2008 et fin 2009 et plus tard, début 2011, et leur lien avec les tendances mondiales et régionales du commerce au cours de ces mêmes périodes.

De manière plus spécifique, une étude récente de l'Australian Reserve Bank²⁴ examine l'utilisation possible de divers indicateurs électroniques à partir des paiements de gros et de détail des banques commerciales pour la prévision d'une gamme d'agrégats macroéconomiques, dont la consommation, la demande intérieure et le PIB. Les résultats globaux sont mitigés : un indicateur des paiements SWIFT, utilisé en combinaison avec les principales composantes d'indicateurs macroéconomiques à court terme plus classiques, améliore considérablement les performances prédictives à court terme par rapport à des modèles de référence autorégressifs simples, tandis que d'autres indicateurs de paiements de détail, dont les transactions par carte de crédit, sont moins performants.

Suivant la même idée générale, SWIFT, en collaboration avec CORE Louvain, a construit un certain nombre d'indicateurs mondiaux et régionaux à utiliser dans des applications spécifiques de prévision immédiate²⁵. SWIFT (2012) fait notamment état de l'utilisation d'un indice agrégé de l'OCDE pour les transactions filtrées d'une série de modèles *bridge* de PIB, les résultats les plus significatifs étant obtenus à l'aide d'un modèle de prévision dynamique à fréquence mixte pour les mouvements trimestriels du PIB réel de l'OCDE, de 2000 à 2011. Comme pour la plupart des études basées

sur des indicateurs de recherches Internet, le modèle de référence sous-jacent est un modèle ARMA statistique relativement simple, ne prenant en compte aucune autre information.

Un inconvénient important de ces études tient au fait que les indicateurs SWIFT se rapportent généralement aux volumes de messages et non aux niveaux ou aux valeurs des transactions. Les contenus doivent donc être soigneusement filtrés (messages par rapport aux transactions), de même que la couverture (transactions liées au commerce, aux finances et à d'autres activités). Néanmoins, les résultats obtenus en général à ce jour vont généralement dans le sens de l'approche globale et, ayant l'avantage d'être disponibles sur une plus longue période d'échantillonnage, ils méritent d'être approfondis parmi une gamme plus large d'indicateurs et d'agrégats économiques.

Statistiques des transactions de paiement

La récente étude de la Banque du Canada réalisée par Galbraith & Tkacz (2015) fait état d'une approche intéressante combinant divers indicateurs financiers et de transactions dans un ensemble de modèles d'indicateurs du PIB à fréquence variable. Ces modèles combinent des mesures de la croissance, en valeur et en volume, des transactions mensuelles et trimestrielles de débit, crédit et chèques canadiens, compensées quotidiennement par la Canadian Payments Association (CPA), avec des indicateurs composites avancés pour les États-Unis et le Canada, les taux de chômage mensuels et la croissance retardée du PIB. L'une des principales conclusions est que la précision des toutes premières prévisions du PIB est améliorée grâce à l'inclusion des paiements par carte de débit, observés pendant les deux premiers mois de la période de prévision, bien que ces améliorations ne soient plus détectables une fois observée la valeur du PIB du trimestre précédent. Globalement, cela confirme l'intérêt potentiel de combiner des transactions électroniques avec d'autres données mesurables

22. Voir en particulier les sections Global and Regional trends des rapports de l'ICC « Global Survey of Trade and Finance: Rethinking Trade Finance », pour 2010, 2011 et 2012, et les blogs de la BERD « Trade Finance on the Way to Recovery in the EBRD Region », Janvier 2011 et « Rising uncertainty for trade finance as IFI additionality increases », Février 2012.

23. Le réseau SWIFT (Society of Worldwide Interbank Financial Telecommunication) couvre les transactions financières de plus de 10 000 institutions financières et entreprises dans le monde (210 pays).

24. Voir Gill et al. (2012).

25. Voir en particulier « The SWIFT Index: Technical Description », SWIFT, février 2012.

quotidiennement. Une limitation évidente de l'utilisation de cette classe d'information est sa confidentialité et son inaccessibilité, même sous une forme traitée, pour des utilisations à des fins de recherche.

Indicateurs d'emploi d'ADP

Un autre exemple d'utilisation de données des systèmes de transactions en temps réel est celui des travaux présentés dans le rapport national sur l'emploi de l'Institut ADP (2012) pour les États-Unis²⁶. Dans ces travaux, les données de paie mensuelles et bimensuelles traitées par le système d'ADP (responsable de la paie pour des établissements représentant environ 20 % des employés du secteur privé aux États-Unis) sont filtrées et classées par taille et par secteur pour fournir des appariements avec l'échantillon utilisé pour les données mensuelles sur l'emploi publiées par le BLS (Bureau of Labor Statistics). Un ensemble d'indicateurs sectoriels ajustés d'ADP est ensuite utilisé, conjointement avec l'indice « Philadelphia Federal Reserve ADS Business Conditions Index »²⁷, pour estimer un système d'équations VAR permettant de prévoir les variations mensuelles des données du BLS pour l'emploi privé, par secteur, depuis avril 2001. Bien que la significativité des variables individuelles ne soit pas indiquée et que les restrictions imposées aux paramètres individuels/contributions sectorielles ne soient pas claires, les corrélations globales dans l'échantillon semblent relativement élevées (0.83 à 0.95) et les modèles semblent suivre les mouvements mensuels globaux de l'emploi du BLS pour l'ensemble du secteur privé et pour 5 grands secteurs, de façon assez proche.

L'indice Ceridian-UCLA Pulse of Commerce

Un autre indicateur Big Data intéressant pour l'analyse à fréquence élevée de l'activité américaine est le Ceridian-UCLA Anderson *Pulse of Commerce Index* (PCI). Cet indice est essentiellement basé sur les paiements par la carte électronique Ceridian pour les ventes de diesel aux sociétés américaines de transport de marchandises. En principe, les données des transactions peuvent être suivies et analysées sur une base annuelle, mensuelle, hebdomadaire et quotidienne en fonction de l'emplacement et des volumes d'achat de carburant afin de broser un tableau détaillé à haute fréquence des activités de transport routier aux États-Unis, incluant notamment les autoroutes et les villes,

les ports d'expédition, les centres de fabrication et les postes frontaliers avec le Canada et le Mexique. Le principal avantage du PCI par rapport aux autres indicateurs économiques est d'être basé sur des données de consommation effective de carburant en temps réel, disponibles bien avant la publication des statistiques mensuelles ; le principal inconvénient est qu'il n'est pas disponible en accès libre pour les chercheurs. À ce jour, il semble qu'aucune étude ne soit disponible, mais UCLA Anderson publie un bulletin mensuel 4 à 5 jours avant la publication des données et des rapports sur la production industrielle mensuelle, et relève que les tests rétrospectifs menés jusqu'en 1999 montrent que l'indice correspond étroitement à la croissance du PIB réel et aux variations de la production industrielle.

* *
*

Au cours de la récession de 2008-2009 et depuis, de nombreux prévisionnistes nationaux et internationaux ont connu des expériences similaires, avec des modèles, méthodes et analyses existantes qui n'étaient pas spécialement en mesure de prévoir ou analyser l'ampleur de la crise. Cette insuffisance des moyens a mis en évidence la situation sous-jacente, le manque de résultats systématiques sur l'ampleur du choc financier, la nature des liens internationaux en jeu et les mécanismes par lesquels les chocs financiers se sont traduits en chocs pour l'économie réelle. En revanche, les indicateurs à court terme et les modèles de prévision immédiate se sont parfois révélés extrêmement utiles sur le commerce mondial et le PIB des économies du G7, et plus précis pour un trimestre en cours ou une prévision immédiate. Toutefois, de tels modèles semblent avoir été limités ou insuffisants pour aller bien au-delà du trimestre en cours et détecter les points de retournement possibles, reflétant les limites des indicateurs *soft* basés sur des enquêtes et le manque d'informations *hard*. Tout cela suggère une priorité pour la recherche, vers

26. Voir le rapport « ADP National Employment Report », *Automatic Data Processing Inc. et Moody's Analytics*, octobre 2012.

27. L'indice ADS des conditions de travail est basé sur le cadre développé dans l'étude d'Aruoba et al. (2009). L'indice prend en compte une combinaison d'indicateurs à fréquence élevée et faible, dont les demandes initiales hebdomadaires de chômage, l'emploi salarié mensuel, la production industrielle, le revenu personnel moins les prestations sociales, la fabrication et les ventes et le PIB trimestriel réel.

l'objectif de rendre plus rapidement disponibles les informations pertinentes.

Sur la base de la revue de littérature académique récente présentée ici, une conclusion générale est que les indicateurs basés sur les recherches Internet, les médias sociaux et d'autres sources de Big Data, constituent un moyen nouveau et potentiellement utile pour mesurer différents aspects du comportement des consommateurs et des entreprises, en temps quasi réel. Ces indicateurs peuvent contenir des informations que d'autres indicateurs économiques ne peuvent pas capturer ni rendre disponibles aussi rapidement. C'est pourquoi ils méritent d'être davantage développés et suivis, parallèlement à d'autres indicateurs macroéconomiques.

L'éventail des études empiriques examinées fournit des informations intéressantes et des preuves de corrélations significatives et de performances prédictives dans divers domaines. Cependant, les résultats sont aussi assez mitigés, reflétant à la fois la simplicité relative des modèles utilisés et des limites importantes dues à la nature « qualitative » des données, ainsi qu'à leur qualité, leur forme, et à la taille des échantillons. À cet égard, il reste encore beaucoup à faire pour :

- affiner et améliorer les normes de qualité des ensembles de Big Data disponibles et leur accessibilité ;
- développer de meilleures méthodes d'extraction d'informations pertinentes pour des domaines spécifiques de la recherche économique ;
- améliorer les moyens de comparaison et de test des différentes méthodes de mesure ;
- poursuivre l'adaptation et l'amélioration des cadres de test et de modélisation afin qu'ils soient plus utiles pour l'intégration d'informations sur le très court terme dans les prévisions macroéconomiques à court terme.

Néanmoins, il y a quelques exemples évidents dans lesquels de tels indicateurs pourraient utilement compléter les variables mobilisées dans les approches actuelles de prévision immédiate et autres approches basées sur les indicateurs. Après la première vague d'études de ce type qui a dominé la littérature, il serait utile d'en tirer des enseignements pour la conception des travaux futurs, plutôt que de les rejeter globalement comme un effet de mode ou une impasse.

Les sources de Big Data basées sur les transactions et autres indicateurs financiers, ont été utilisées plus rarement, jusqu'à tout récemment. Les résultats obtenus à ce jour apparaissent eux aussi plutôt mitigés, bien que les indicateurs de crédit commercial semblent avoir effectivement émis les bons signaux avant et pendant la crise financière. Ils présentent également certaines caractéristiques prometteuses mais sont limités en termes de contenu d'information et de transparence. Quant aux études basées sur les recherches Internet et sur les médias sociaux, elles méritent d'être approfondies dans le cadre des indicateurs économiques semi-structurels et statistiques. Contrairement aux indicateurs basés sur Internet, cette catégorie de données pose des questions de confidentialité plus importantes, et n'est de ce fait disponible jusqu'à présent qu'à un public relativement restreint, principalement les banques centrales et les statisticiens. Les priorités ici consistent donc à élaborer des normes de qualité appropriées et à améliorer l'accessibilité pour les statisticiens et les chercheurs en économie sous une forme suffisamment pertinente et condensée.

Le message général serait ainsi que les Big Data sont des sources d'information nouvelles et utiles pour l'analyse économique, mais qui demandent aussi à être affinées, développées et suivies parallèlement à d'autres indicateurs et d'autres méthodes de prévision macroéconomique, tout en constituant, en tant que telles, un ajout bienvenu dans la boîte à outils des économistes et des statisticiens pour l'analyse à court terme. □

BIBLIOGRAPHIE

- ADP & Moody's Analytics Enhance (2012).** *ADP National Employment Report*.
<http://mediacenter.adp.com/news-releases/news-release-details/adp-and-moodys-analytics-enhance-adp-national-employment-report/>
- Andrade, S. C., Bian, J. & Burch, T. R. (2009).** Does information dissemination mitigate bubbles? The role of analyst coverage in China. *University of Miami Working Paper*.
- Andrade, S. C., Bian, J. & Burch, T. R. (forthcoming).** Analyst Coverage, Information, and Bubbles. *The Journal of Finance and Quantitative Analysis*, 48(5), 1573–1605.
<https://doi.org/10.1017/S0022109013000562>
- Antenucci, D., Cafarella, M., Levenstein, C., Ré, C. & Shapiro, M. (2014).** Using Social Media to Measure Labour Market Flows. University of Michigan, *NBER Working paper* N° 20010.
<https://doi.org/10.3386/w20010>
- Anvik, C. & Gjelstad, K. (2010).** “Just Google It!”; Forecasting Norwegian unemployment figures with web queries. *CREAM Publication* N° 11.
<http://hdl.handle.net/11250/95460>
- Arias, M., Arratia, A. & Xuriguera, R. (2014).** Forecasting with Twitter Data. In: *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 5(1), 1–24.
<https://doi.org/10.1145/2542182.2542190>
- Armah, N. (2013).** Big Data Analysis: The Next Frontier. *Bank of Canada Review*, Summer 2013, 32–39.
<https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2013/08/boc-review-summer13-armah.pdf>
- Artola, C. & Galen, E. (2012).** Tracking the Future on the Web: Construction of leading indicators using Internet searches. *Bank of Spain Occasional Paper* N° 1203.
<https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSeriadas/Documentos-Ocasiones/12/Fich/do1203e.pdf>
- Aruoba, S. B., Diebold, F. X. & Scotti, C. (2009).** Real-Time Measurement of Business Conditions. *Journal of Business and Economic Statistics*, 27(4), 417–427.
<https://doi.org/10.1198/jbes.2009.07205>
- Askitas, N. & Zimmermann, K. F. (2009).** Google Econometrics and Unemployment Forecasting. *Applied Economics Quarterly*, 55(2), 107–120.
<https://doi.org/10.3790/aeq.55.2.107>
- Bartov, E., Faurel, L. & Mohanram, P. (2015).** Can Twitter Help Predict Firm-Level Earnings and Stock Returns? Rotman School of Management, *Working Paper* N° 2631421, July 2015.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2782236>
- Bok, B., Caratelli, D., Giannone, D., Sbordone, A. & Tambalotti, A. (2017).** Macroeconomic Nowcasting and Forecasting with Big Data. New York Federal Reserve *Staff Report* N° 830, November 2017.
https://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr830
- Bollen, J., Mao, H. & Zeng, X.-J. (2011).** Twitter mood predicts the stock market. *Journal of Computational Science*, 2(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.jocs.2010.12.007>
- Bortoli, C. & Combes, S. (2015).** Contribution from Google Trends for forecasting the short-term economic outlook in France: limited avenues. *Insee, Conjoncture de la France*.
<https://www.insee.fr/en/statistiques/1408911?sommaire=1408916>
- Brenner, M. & Galai, D. (1989).** New Financial Instruments for Hedging Changes in Volatility. *Financial Analysts Journal*, 45(4), 65–71.
<https://www.jstor.org/stable/4479241>
- Buono D., Mazzi, G. L., Kapetanios, G., Marcelino, M. & Papailas, F. (2017).** Big data types for macroeconomic nowcasting. *Eurostat Review on National Accounts and Macroeconomic Indicators*, 1/2017, 93–145.
<https://ec.europa.eu/eurostat/cros/system/files/euroissue1-2017-art4.pdf>
- Burns, A. F. & Mitchell, W. C. (1946).** Measuring Business Cycles. NBER Book Series, *Studies in Business Cycles* N° 2.
<https://www.nber.org/books/burn46-1>
- Carrière-Swallow, Y. & Labbé, J. (2010).** Nowcasting with Google Trends in an Emerging Market. *Bank of Chile Working Paper* N° 588. Reprinted (2013) in: *Journal of Forecasting*, 32(4), 289–298.
<https://doi.org/10.1002/for.1252>
- Chamberlin, G. (2010).** Googling the present. *Economic and Labour Market Review*, 4(12), 59–95.
<https://doi.org/10.1057/elmr.2010.166>
- Choi, H. & Varian, H. (2009a).** Predicting the present with Google Trends. Google, *Technical report*, April 2009.
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1659302>

- Choi, H. (2009b).** Predicting Initial Claims for Unemployment Benefits. Google, *Technical report*, July 2009. <https://ssrn.com/abstract=1659307>
- Choi, H. & Varian, H. (2012).** Predicting the Present with Google Trends. *Economic Record*, 88, 2–9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4932.2012.00809.x>
- Cousin, G. & Hillaireau, F. (2018).** En attente du titre. *Economie et Statistique / Economics and Statistics* (this issue)
- Da, Z., Engelberg, J. & Gao, P. (2010).** In Search of Earnings Predictability. University of Notre Dame and University of North Carolina at Chapel Hill, *Working Paper*. <https://pdfs.semanticscholar.org/b68e/aeec8e5fd-42cff698c7c96dee5e357623a.pdf>
- Da, Z., Engelberg, J. & Ga, P. (2011).** In Search of Attention. *Journal of Economic Finance*, 66(5), 1461–1499. <https://econpapers.repec.org/RePEc:bla:jfinan:v:66:y:2011:i:5:p:1461-1499>
- D’Amuri, F. (2009).** Predicting unemployment in short samples with internet job search query data. *MPRA Paper* N° 18403. <https://econpapers.repec.org/RePEc:pra:mprapa:18403>
- D’Amuri, F. & Marcucci, J. (2009).** “Google It!” Forecasting the US Unemployment Rate with a Google Job Search Index. *ISER Working Paper Series* N° 2009-32. <https://www.iser.essex.ac.uk/research/publications/working-papers/iser/2009-32>
- Della Penna, N. & Huang, H. (2009).** Constructing Consumer Sentiment Index for U.S. Using Internet Search Patterns. University of Alberta, *Working Paper* N° 2009-26. https://ideas.repec.org/p/ris/albaec/2009_026.html
- Diebold, F. X. (2000).** “Big Data” Dynamic Factor Models for Macroeconomic Measurement and Forecasting: A Discussion of the Papers by Lucrezia Reichlin and by Mark W. Watson. In: Dewatripont, M., Hansen, L. P. & Turnovsky, S. (Eds.), *Advances in Economics and Econometrics*, Eighth World Congress of the Econometric Society, pp. 115–122. Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.sas.upenn.edu/~fdiebold/papers/paper40/temp-wc.PDF>
- Dimpfl, T. & Jank, S. (2012).** *Can internet search queries help to predict stock market volatility?* New York: Social Science Research Network.
- EBRD (2011).** Trade Finance on the Way to Recovery in the EBRD Region. EBRD blog, January 2011.
- EBRD (2012).** Rising uncertainty for trade finance as IFI additionality increases. EBRD blog February 2012.
- Ettredge, M., Gerdes, J. & Karuga, G. (2005).** Using web-based search data to predict macroeconomic statistics. *Communications of the Association of Computing Machinery*, 48(11), 87–92. <https://doi.org/10.1145/1096000.1096010>
- Galbraith, J. W. & Tkacz, G. (2015).** Nowcasting GDP with electronic payments data. *ECB Statistics Paper Series* N° 10. <https://econpapers.repec.org/RePEc:ecb:ecbstats:201510>
- Giannone, D., Reichlin, L. & Small, D. (2008).** Nowcasting: The realtime informational content of macroeconomic data. *Journal of Monetary Economics*, 55(4), 665–676. <https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:moneco:v:55:y:2008:i:4:p:665-676>
- Gilbert, E. & Karahalios, K. (2010).** Widespread Worry and the Stock Market. *Proceedings of the Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. <https://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/ICWSM10/paper/view/1513>
- Gill, T., Perera, D. & Sunner, D. (2011).** Electronic Indicators of Economic Activity. *Reserve Bank of Australia Bulletin*, June 2012. <https://www.rba.gov.au/publications/bulletin/2012/jun/1.html>
- Gruhl, D., Guha, R., Kumar, R., Novak, J. & Tomkins, A. (2005).** The predictive power of online chatter. *Proceedings of the eleventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining*, 2005. <https://doi.org/10.1145/1081870.1081883>
- Guzmán, G. C. (2011).** Internet Search Behaviour as an Economic Forecasting Tool: The Case of Inflation Expectations. *The Journal of Economic and Social Measurement*, 36(3), 119–167. <https://ssrn.com/abstract=2004598>
- Hassani, H. & Silva, E. (2015).** Forecasting with Big Data: A Review. *Annals of Data Science*, 2(1), 5–19. <https://doi.org/10.1007/s40745-015-0029-9>
- Hellerstein, R. & Middeldorp, M. (2012).** Forecasting with Internet Search Data. Federal Reserve Bank of New York, *Liberty Street Economics*, January 4, 2012. <https://libertystreeteconomics.newyorkfed.org/2012/01/forecasting-with-internet-search-data.html>

- ICC (2010).** *Rethinking Trade Finance 2010: An ICC Global Survey*. Paris: International Chamber of Commerce.
<https://iccwbo.org/publication/icc-global-report-on-trade-finance-2012/>
- International Institute of Forecasters' Workshop (2014).** *Using Big Data for Forecasting and Statistics*. Summary of proceedings of the 11th IIF workshop, April 2014, hosted by the ECB.
https://forecasters.org/wp-content/uploads/11th-IIF-Workshop_BigData.pdf
- Jansen, B. J., Ciamacca, C. C. & Spink, A. (2008).** An analysis of travel information searching on the web. *Information Technology & Tourism*, 10(2), 101–108.
<https://doi.org/10.3727/109830508784913121>
- Kholodilin, K. A., Podstawski, M. & Siliverstovs, B. (2010).** Do Google Searches Help in Nowcasting Private Consumption? Real-Time Evidence for the US. DIW Berlin *Discussion Paper* N° 997.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1615453>
- Koop, G. & Onorante, L. (2013).** *Macroeconomic Nowcasting Using Google Probabilities*.
https://www.ecb.europa.eu/events/pdf/conferences/140407/OnoranteKoop_Macroeconomic-NowcastingUsingGoogleProbabilities.pdf
- Lachanski, M. & Pav, S. (2017).** Shy of the Character Limit: “Twitter Mood Predicts the Stock Market” Revisited”. *Econ Journal Watch*, 14(3), 302–345.
<https://ideas.repec.org/a/ejw/journal/v14y2017i3p302-345.html>
- Lewis, C. & Pain, N. (2015).** Lessons from OECD forecasts during and after the financial crisis. *OECD Journal: Economic Studies*, 5(1), 9–39.
<https://doi.org/10.1787/19952856>
- Liu, Y., Huang, X., An, A., & Yu, X. (2007).** *ARSA: a sentiment-aware model for predicting sales performance using blogs*. New York: ACM.
<http://doi.org/10.1145/1277741.1277845>
- Mao Y., Wei, W., Wang, B. & Liu, B. (2012).** Correlating S&P 500 stocks with Twitter data. *Proceedings of the 1st ACM Intl. Workshop on Hot Topics on Interdisciplinary Social Networks Research*, 69–72.
<http://doi.org/10.1145/2392622.2392634>
- Mao, H., Counts, S. & Bollen, J. (2014).** Quantifying the effects of online bullishness on international financial markets. European Central Bank, *Statistics Papers Series* N° 9.
<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpsps/ecbsp9.en.pdf?177000b829d4450b007f3d3a612cab18>
- McLaren, N. & Shanbhogue, R. (2011).** Using internet search data as economic Indicators. *Bank of England Quarterly Bulletin*, 51(2), 134–140.
<https://econpapers.repec.org/RePEc:boe:qbullt:0052>
- Mishne, G. & Glance, N. (2005).** Predicting Movie Sales from Blogger Sentiment. *Proceedings of the AAAI-CAAW-06, the Spring Symposia on Computational Approaches to Analyzing Weblogs*.
<https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/predicting-movie-sales-from-blogger-sentiment/>
- Mourougane, A. (2006).** Forecasting Monthly GDP for Canada. OECD Economics Department, *Working Papers* N° 515.
<https://doi.org/10.1787/421416670553>
- O’Connor, B., Balasubramanian, R., Routledge, B. & Smith, N. (2010).** From Tweets to Polls: Linking Text Sentiment to Public Opinion Time Series. *Proceeding of the International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*.
https://www.researchgate.net/publication/221297841_From_Tweets_to_Polls_Linking_Text_Sentiment_to_Public_Opinion_Time_Series
- Pain, N., Lewis, C., Dang, T., Jin, Y. & Richardson, P. (2014).** OECD Forecasts During and After the Financial Crisis A Post Mortem. OECD Economics Department, *Working Papers* N° 1107.
<https://doi.org/10.1787/5jz7311qw1s1-en>
- Preis, T., Reith, D. & Stanley, H. E. (2010).** Complex dynamics of our economic life on different scales: insights from search engine query data. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 368(1933), 5707–5719.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0284>
- Ranco G., Aleksovski, D., Caldarelli, G., Grear, M. & Mozeti, I. (2015).** The Effects of Twitter Sentiment on Stock Price Returns, *PLoS ONE*, 10(9), 1–21.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138441>
- Ritterman, J., Osborne, M. & Klein, E. (2009).** Using prediction markets and Twitter to predict a swine flu pandemic. *Proceedings of the 1st International Workshop on Mining Social Media*, pp. 9–17.
[https://www.research.ed.ac.uk/portal/en/publications/using-prediction-markets-and-twitter-to-predict-a-swine-flu-pandemic\(dcc11feb-77be-44c1-b07a-47da57aba7b8\).html](https://www.research.ed.ac.uk/portal/en/publications/using-prediction-markets-and-twitter-to-predict-a-swine-flu-pandemic(dcc11feb-77be-44c1-b07a-47da57aba7b8).html)
- Schmidt, T. & Vosen, S. (2010).** Forecasting Private Consumption: Survey-based Indicators vs. Google Trends. *Ruhr Economic Papers* N°155. Also in: *Journal of Forecasting* (2011), 30(6), 565–578.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1514369>

- Schmidt, T. & Vosen, S. (2012).** Using Internet Data to Account for Special Events in Economic Forecasting. *Ruhr Economic Papers* N° 382.
- Sédillot, F. & Pain, N. (2003).** Indicator Models of Real GDP Growth in Selected OECD Countries. OECD Economics Department *Working Papers* N° 364.
<http://dx.doi.org/10.1787/275257320252>
- Suhoy, T. (2009).** Query Indices and a 2008 Downturn: Israeli Data. Bank of Israel *Discussion Paper* N° 2009/06.
<https://www.boi.org.il/deptdata/mehkar/papers/dp0906e.pdf>
- SWIFT (2012).** The SWIFT index: Technical Description. Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication Inc.
- Tkacz, G. (2013).** Predicting Recessions in Real-Time: Mining Google Trends and Electronic Payments Data for Clues. *C.D. HOWE Institute commentary* N° 387.
<https://ssrn.com/abstract=2321794>
- Toth, J., & Hajdu, M. (2012).** Google as a tool for nowcasting household consumption: estimations on Hungarian data. Institute for Economic and Enterprise Research. Central European University *Research Working Paper*.
https://gvi.hu/files/researches/47/google_2012_paper_120522.pdf
- Tuhkuri, J. (2015).** *Big Data: Do Google Searches Predict Unemployment?* Masters thesis, University of Helsinki, 2015.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201703273213>
- Tumasjan, A., Sprenger, T., Sandner, P. & Welpe, I. (2010).** Predicting Elections with Twitter: What 140 Characters Reveal About Political Sentiment. *Proceedings of the Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media?*, pp. 178–185.
https://www.researchgate.net/publication/215776042_Predicting_Elections_with_Twitter_What_140_Characters_Reveal_about_Political_Sentiment
- Vlastakis, N., & Markellos, R. N. (2012).** Information Demand and Stock Market Volatility, *Journal of Banking and Finance*, 36(6), 1808–1821.
<https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:jbfina:v:36:y:2012:i:6:p:1808-1821>
- Varian, H. (2014).** Big Data: New Tricks for Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 3–28.
<https://econpapers.repec.org/RePEc:aea:jecper:v:28:y:2014:i:2:p:3-28>
- Wakamiya, S., Lee, R. & Sumiya, K. (2011).** Crowd-Powered TV Viewing Rates: Measuring Relevancy between Tweets and TV Programs. In: Xu, J., Yu, G., Zhou, S. & Unland, R. (Eds.), *Database Systems for Adanced Applications. DASFAA 2011. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6637, pp. 390–401. Berlin, Heidelberg: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-20244-5_37
- Webb, G. K. (2009).** Internet Search Statistics as a Source of Business Intelligence: Searches on Foreclosure as an Estimate of Actual Home Foreclosures. *Issues in Information Systems*, X(2), 82–87.
https://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1014&context=mis_pub
- Wolfram, M. S. A. (2010).** *Modelling the stock market using Twitter*. M.S. thesis, School of Informatics, University of Edinburgh, 2010.
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/miles/msc-projects/wolfram.pdf>
- Wu, L. & Brynjolfsson, E. (2009 and 2013).** The future of Prediction: How Google Searches Foreshadow Housing Prices and Sales. *SSRN papers*.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2022293>
- Ye, M. & Li, G. (2017).** Internet big data and capital markets: a literature review. *Financial Innovation*, 3(6).
<https://doi.org/10.1186/s40854-017-0056-y>
- Zhang, X., Fuehres, H. & Gloor, P. (2011).** Predicting Stock Market Indicators Through Twitter “I hope it is not as bad as I fear. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 26, 55–62.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.562>

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE ANNOTÉE DE TRAVAUX RÉCENTS UTILISANT DES INDICATEURS ISSUS DE RECHERCHES SUR INTERNET ET DES MÉDIAS SOCIAUX POUR LA PRÉVISION À COURT TERME ET « IMMÉDIATE »

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Andrade <i>et al.</i> (2009 et à paraître)	Analyse du rôle des analystes et de la diffusion de l'information dans la perspective de la bulle boursière chinoise de 2007.	Corrélation entre les différentes mesures d'intensité de la bulle et sa couverture par les analystes en tant que mesure de la diffusion de l'information. Indice de recherche Google pour vérifier leur timing et leur intensité.	Relation négative significative entre l'intensité de la bulle et la couverture par les analystes. Forte corrélation positive entre l'indice de recherche Google et le volume de nouveaux comptes	Cette étude est essentiellement liée aux problèmes de prévision.
Antenucci <i>et al.</i> (2014)	Étude de l'Université du Michigan sur les indicateurs du marché du travail, basée sur Twitter pour la période allant de juillet 2011 à début novembre 2013.	Estimation d'indices de perte d'emploi, de recherche d'emploi et d'offre d'emploi avec un vaste échantillon de données Twitter afin d'analyser les estimations hebdomadaires présentant une fréquence élevée. Produit des mesures composites sur la base de mesures individuelles en utilisant leurs composantes principales pour suivre les demandes initiales d'assurance chômage pour les fréquences moyennes et élevées.	L'indicateur s'avère contribuer pour 15 à 20 % à la variance de l'erreur de prédiction pour la prévision consensuelle des demandes initiales. Il a également été jugé utile pour fournir des indicateurs en temps réel sur des événements tels que l'ouragan Sandy et l'arrêt des activités gouvernementales fédérales de 2013 aux États-Unis.	Cette étude est actuellement en cours de révision depuis que le modèle initial a commencé à dévier des estimations vers la mi-2014.
Anvik & Gjelstad (2010)	Prévisions des variations mensuelles du chômage norvégien	Utilisent les indicateurs de recherche Google liés aux critères de recherche d'emploi et d'aide sociale dans des modèles de prévision ARIMA simples pour le chômage mensuel.	Améliorations significatives, supérieures à celles obtenues avec d'autres indicateurs avancés, de l'erreur quadratique moyenne constatées en ajoutant des indicateurs de recherche Google dans les modèles de base, améliorations.	Limité aux modèles ARIMA non économiques. Bonne analyse des limites pratiques des données de recherches sur Internet.
Artoia & Galen (2012)	Étude de la Banque d'Espagne sur les entrées de touristes britanniques en Espagne	Utilisent les indicateurs de recherche Google liés à la recherche au Royaume-Uni de vacances en Espagne selon le modèle ARIMA simple appliqué aux flux de touristes britanniques.	L'indicateur de recherche Google s'est avéré significatif, les améliorations de la valeur prédictive étant sensibles au choix du modèle de référence.	Constate des limites pour les indicateurs de recherche Google et la sensibilité au choix de la langue et aux critères de recherche.
Askitas & Zimmermann (2009)	Prévision des variations mensuelles du chômage en Allemagne.	Utilisent les indicateurs de recherche Google dans des modèles de correction d'erreur à variable unique.	De fortes corrélations ont été constatées avec des modèles prédisant les tendances et les points de retournement.	Constate des limites des ensembles de données existants et au niveau de la portée pour une utilisation plus large.
Bortoli & Combes (2015)	Étude française de l'Insee sur l'utilisation des indicateurs de recherches Internet pour la prévision des dépenses des consommateurs aux niveaux agrégés et désagrégés détaillés.	Introduisent des indicateurs de recherches Google pour un large éventail de biens de consommation agrégés et désagrégés dans un cadre de modèle d'indicateurs à plusieurs variables.	Les indicateurs de recherches Internet n'améliorent pas la prévision de la consommation mensuelle agrégée des ménages. Les résultats pour certains biens (vêtements, biens de consommation durables et produits alimentaires) et services (transports) sont plus positifs mais généralement mitigés.	Comprend une excellente étude des points forts et des limites des variables de recherche sur Internet et de leur usage. Mentionne en particulier des préoccupations quant à la continuité et à la stabilité structurelle des mesures basées sur la recherche sur Internet.
Bollen <i>et al.</i> (2011)	Utilise OpinionFinder et GPOMS (Google Profile of Mood States) entre mars et le 19 décembre 2008 pour identifier six mesures de ressentiments sur Twitter. Examine la relation entre les indicateurs d'humeur et les modifications de l'indice Dow Jones de mars à décembre 2008.	Établissent une corrélation quotidienne entre les indicateurs de ressentiment et l'indice Dow Jones au sein d'un modèle autorégressif général et d'un cadre de test de causalité Granger.	Les résultats généraux suggèrent que la précision des modèles de prévision boursiers standards est considérablement améliorée lorsque ne sont incluses que certaines dimensions du ressentiment.	Les variations dans les mesures de « calme » et de « bonheur » telles que mesurées par GPOMS semblent avoir une certaine valeur prédictive, ce qui n'est pas le cas du « bonheur en général », tel que mesuré par l'outil OpinionFinder.

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Carrière-Swallow & Labbé (2010)	Étude de la Banque du Chili sur les ventes de produits automobiles	Ajoutent un indicateur de recherches Google, pour les marques de voitures les plus populaires au Chili, à des modèles autorégressifs simples d'ordre élevé pour les ventes de voitures, en glissement annuel, combinés à un indicateur général d'activité économique	Les modèles, y compris l'indicateur de recherche Google, surpassent de manière significative les modèles de référence simples et plus complexes, aussi bien in-sample que out-of-sample.	
Chamberlin (2010)	Étude de l'ONS modélisant une série de statistiques mensuelles du Royaume-Uni, dont les ventes au détail, les achats de maisons, les immatriculations de voitures et les voyages à l'étranger	Ajoute des indicateurs de recherche Google à des modèles mensuels autorégressifs simples en différence première.	Résultats mitigés : significatifs pour les dépenses détaillées et les approbations d'hypothèques, mais médiocres pour le total des ventes au détail, les achats de voitures et les voyages.	Pas de tests effectués hors échantillon. Sensibilité du choix de la requête de recherche et de la saisonnalité.
Choi & Varian (2009a)	Étude de l'équipe Google Research, modélisant une gamme de variables de la demande mensuelle aux États-Unis.	Ajoutent des indicateurs de recherche Google à des modèles autorégressifs simples	Les modèles, y compris les indicateurs de recherche Google, sont généralement supérieurs aux modèles de référence. Les résultats sont mitigés avec peu ou pas de gains pour les véhicules à moteur et le secteur du logement.	Étude innovante et originale. Constate que la méthode d'échantillonnage peut ajouter du bruit mais prévoit des améliorations au fil du temps.
Choi & Varian (2009b)	Prévision des demandes de chômage mensuelles aux États-Unis.	Ajoutent des indicateurs de recherche Google à des modèles autorégressifs simples portant sur les demandes de chômage	Améliorations significatives de la précision des prévisions constatées par rapport au modèle de référence.	Résultats en ligne avec les autres pays. Les modèles sont strictement non économiques.
Choi & Varian (2012)	Regroupe des études antérieures et étend les méthodes pour inclure le tourisme à Hong Kong et le sentiment des consommateurs australiens.	Ajoutent des indicateurs de recherche Google à des modèles autorégressifs simples et teste la précision de prévision hors échantillon	Améliorations significatives constatées pour la précision des prévisions.	
Da et al. (2010)	Étude des performances inter-entreprises aux États-Unis et des revenus imprévus	Utilisent les indicateurs de recherche Google pour les produits de chaque entreprise afin de prédire les revenus imprévus dans un panel de séries chronologiques.	Relation significative entre les volumes de recherche, les revenus imprévus et les performances de l'entreprise.	
Da et al. (2011)	Étude d'un large échantillon portant sur les performances boursières de sociétés américaines	Utilisent des indicateurs de fréquence de recherche comme mesure de l'attention des investisseurs pour 3000 entreprises américaines	Fortes corrélations, bien que différentes de celles déjà existantes, entre performances boursières et attention des investisseurs.	
D'Amuri (2009)	Analyse du chômage trimestriel italien	Ajoute des indicateurs de recherche Google concernant les demandes de recherche d'emploi à des modèles ARIMA trimestriels à plusieurs variables, incluant des variables de production industrielle et de prévision d'emploi	Les indicateurs de recherche Google se révèlent significatifs et supérieurs aux indicateurs avancés établis. Les résultats des petits échantillons sont meilleurs que ceux des échantillons plus importants.	
D'Amuri & Marcuccio (2009)	Analyse du chômage mensuel américain au niveau fédéral et au niveau des états	Testent l'ajout d'un indicateur de recherche Google dans des modèles ARIMA sur un large éventail de formes et de spécifications de modèles, incluant d'autres indicateurs avancés considérés comme pertinents.	Combinés aux indicateurs de demandes initiales, les modèles, y compris les indicateurs de recherche Google, ont été jugés plus performants que d'autres modèles pour un large éventail de spécifications au niveau fédéral et au niveau des États	Les modèles, y compris les indicateurs de recherche Google, se sont révélés supérieurs à ceux utilisant l'Enquête sur les prévisionnistes professionnels (Survey of Professional Forecasters)

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Dimpfi & Jank (2012)	Étude de la volatilité quotidienne du marché boursier américain	Utilisent l'indicateur de recherche Google par nom de société comme mesure de l'attention des investisseurs. Testent la relation avec les cours boursiers et la volatilité dans le cadre d'un modèle ARIMA	Forts mouvements simultanés entre les recherches sur Google et les mouvements et la volatilité des marchés, les requêtes de recherche fournissant des prévisions plus précises dans l'échantillon.	
Ettredge <i>et al.</i> (2005)	Première étude sur le chômage mensuel aux États-Unis (2001-2004) utilisant des données de recherche sur Internet antérieures à Google Trends.	Construisent et mettent en corrélation une mesure de la recherche d'emploi basée sur la recherche sur Internet avec un modèle de prévision simple.	Corrélation significative entre les données de recherche d'emploi et de chômage avec un com- promis important entre pouvoir explicatif et délai. Indice jugé supérieur aux données hebdomadaires sur les demandes initiales. La relation n'est significative que pour les hommes.	Les auteurs encouragent fortement l'utili- sation future des statistiques de recherche sur Internet comme méthode de prédiction d'un événement plus large de données macro et proposent une étude connexe sur la confiance des consommateurs.
Galbraith & Tkacz (2015)	Étude de la Banque du Canada combinant une gamme d'indicateurs financiers et d'opérations dans des modèles d'indicateurs de PIB à fréquence variable.	Les modèles combinent des mesures de la croissance, en valeur et en volume, pour le crédit mensuel et trimestriel canadien et pour le crédit quotidien, avec des indicateurs composites avancés sur les taux de chômage mensuels et la croissance retardée du PIB, pour les États-Unis et le Canada.	Amélioration de la précision des toutes premières prévisions immédiates du PIB grâce à l'inclusion des paiements par carte de débit, observés sur les deux premiers mois de la période de prévision immédiate, bien que ces améliorations ne soient plus détectables une fois la valeur du PIB du trimestre précédent observée (mois 3).	Fournit un support global pour la nécessité de combiner des transactions électroniques avec d'autres données, mesurées avec une certaine précision, selon une fréquence quotidienne.
Gilbert & Karahalios (2010)	Étude basée sur Twitter et développant une analyse généralisée de l'anxiété publique en se basant sur les entrées de blog de LiveJournal. Test des données de 2008 pour déterminer l'influence éventuelle de cet indice d'anxiété sur les changements quotidiens de l'indice Standard and Poor (indice S&P 500).	Estiment une relation statistique de référence entre l'indice S&P, ses valeurs retardées, ses niveaux et ses évolutions par rapport au volume de transactions et l'indice « VIX Fear ». Utilisent une combinaison de tests de régression et de causalité de Granger	Relation statistique significative entre l'indice d'anxiété et les cours boursiers futurs. Résultat affaibli par l'inclusion de l'indice VIX qui tend à dominer.	Constatent des difficultés d'interprétation pour les expressions linguistiques basées sur les blogs, la volatilité de l'index due à des facteurs externes et le caractère exceptionnel de 2008.
Gill <i>et al.</i> (2011)	La Reserve Bank of Australia examine l'utilisation de divers indicateurs électroniques pour améliorer les informations et les prévisions obtenues des principaux agrégats macro-économiques australiens.	Utilisent différents indicateurs pour les transactions par cartes et par transferts émis par les banques de détail et de gros (SWIFT) dans des modèles AR (1) et leurs composantes principales pour la vente au détail, la consommation, la demande intérieure et le PIB.	Résultats mitigés : les indicateurs de paiements SWIFT sont significatifs dans certains modèles AR, mais plus performants dans des modèles à composantes principales en combinaison avec d'autres mesures. Les résultats utilisant les indicateurs de paiements des banques de détail sont moins significatifs.	Les auteurs suggèrent une utilisation plus large des indicateurs électroniques afin d'améliorer les mesures en temps réel des agrégats économiques. Suggèrent que de telles données vont probablement devenir plus utiles à mesure que le comportement de paiement et l'utilisation d'Internet vont se stabiliser au fil du temps.
Guzmán (2011)	Étude des indicateurs de recherche Google en tant que mesure des prévisions d'inflation en temps réel de l'IPC américain.	Teste les performances de prévision par rapport à 36 autres indicateurs d'anticipation d'inflation et par rapport au « TIPS spreads ».	Les résultats suggèrent que les mesures à fréquence supérieure surpassent les mesures à fréquence inférieure en usage, en termes de précision et de puissance prédictive. Les prévisions hors échantillon utilisant l'indicateur de recherche Google présentent les erreurs de prévision les plus faibles de l'ensemble des indicateurs utilisés.	

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Hellerstein & Middeldorp (2012)	Cette revue, par le blog New York Fed, de la littérature actuelle sur l'utilisation des chiffres de recherche sur Internet dans divers domaines de modélisation, comprend de nouveaux travaux sur les marchés financiers américains	Ajoutent l'indicateur de recherche Google pour le refinancement immobilier et hypothécaire à un petit modèle dynamique de l'indice de refinancement, incluant également l'influence des rendements du marché. Ajoutent un indicateur de recherche Google aux modèles des variables du marché à terme Reminbi-dollar	Les résultats sont mitigés. L'indicateur de recherche Google améliore considérablement les prévisions de refinancement hypothécaire, mais les gains sont limités par l'insignifiance des délais. L'indicateur de recherche trouve significatif dans l'analyse du marché à terme Reminbi bien que le pouvoir prédictif soit faible	Concluent que les améliorations du pouvoir prédictif ne sont pas universelles et ne présentent pas un pouvoir explicatif au-delà des méthodes plus traditionnelles, mais sont néanmoins un complément utile à la boîte à outils de l'économiste.
Kholodilin <i>et al.</i> (2010)	Examinent l'utilité des indicateurs de recherche Google pour la prévision immédiate de la croissance, en glissement annuel, de la consommation privée mensuelle aux États-Unis (2007-2010).	Les prévisions basées sur des indicateurs de recherche Google sont comparées au modèle AR (1) de référence et à d'autres modèles, notamment des enquêtes auprès des consommateurs et des indicateurs financiers.	Les prévisions basées sur la recherche Google se sont révélées plus précises que celles basées sur le modèle de référence. Des résultats similaires ont été obtenus avec des modèles comprenant des enquêtes auprès des consommateurs et des variables financières.	
Koop & Onorante (2013)	Examinent l'utilisation des variables de probabilité de la recherche sur Google dans des modèles à changement de régime dynamiques mensuels pour neuf variables macro-économiques américaines (inflation, production industrielle, chômage, prix du pétrole, argent en circulation et autres indicateurs financiers).	Introduisent des mesures de probabilité basées sur la recherche sur Google dans un système de prévision immédiate avec sélection de modèle dynamique (DMS) dans laquelle une régression est opérée sur les résultats actuels vers des valeurs retardées pour l'ensemble des variables dépendantes et des indicateurs Google.	L'inclusion de données de recherches sur Internet apporte des améliorations dans de nombreux cas, mais il est préférable de les inclure en tant que probabilités de sélection de modèle et non en tant que simples régresseurs. Les résultats généraux sont mitigés. Positifs pour l'inflation, les salaires, les prix et les variables financières, moins positifs pour la production industrielle et inférieurs pour le chômage.	Approche innovante combinant les informations de recherche avec un système sophistiqué de prévision immédiate DMS.
Lachanski & Pav (2017)	Tentative de réplication de Bollen <i>et al.</i> (2011), avec des méthodes d'ensembles de données similaires, basées sur Twitter	Établissent une corrélation quotidienne entre les indicateurs de sentiment et l'indice Dow Jones au sein d'un modèle autorégressif général et d'un cadre de test de causalité Granger.	Trouvent des preuves <i>in-sample</i> , mais presque aucune <i>out-of-sample</i> , indiquant qu'une telle mesure contient des informations pertinentes pour l'indice Dow Jones.	Concluent que les résultats de Bollen <i>et al.</i> constituent des cas particuliers et qu'il y a peu, voire aucune preuve crédible indiquant que le contenu des données textuelles brutes de Twitter provenant de l'univers des tweets puisse être utilisé pour prévoir l'activité des indices sur une base quotidienne.
Mao <i>et al.</i> (2012)	Examinent la relation entre les tweets mentionnant l'indice S&P 500, le cours des actions et le volume des transactions entre février et mai 2012. Analyse effectuée au niveau global, pour chacun des 10 secteurs de l'industrie et au niveau de l'entreprise, pour Apple Inc.	Utilisent des modèles simples de régression linéaires autorégressifs pour prédire les indicateurs du marché boursier avec les données de Twitter comme entrée exogène.	Résultats généralement mitigés. Les corrélations sont : significatives au niveau global avec les niveaux et les variations des prix mais non significatives pour les volumes d'échange ; significatives pour 8 des 10 secteurs au niveau des volumes de transactions mais non significatives au niveau des prix ; significatives pour les volumes et pour les prix au niveau du secteur financier et pour Apple Inc. Les résultats sont globalement reflétés dans les tests de précision prédictive.	Les prévisions de changement de direction au cours de la période d'échantillonnage sont au mieux exactes à 68 % globalement et pour le secteur financier et à seulement 52 % pour Apple Inc., ce qui est proche d'un mouvement purement aléatoire.

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Mao <i>et al.</i> (2014)	Analyse des indicateurs de tendance « haussière » ou « baissière » basés sur Twitter et sur les recherches sur Google et calculés quotidiennement (Twitter) sur la période 2010-2012, et hebdomadairement (Google Trends) entre 2007-2012.	Établissement des comparaisons croisées, et avec d'autres indicateurs de confiance des investisseurs, analysent les pouvoirs prédictifs relatifs de petits modèles dynamiques portant sur les cours et les rendements des marchés boursiers américain, britannique, canadien et chinois. Le modèle américain est beaucoup plus complet. Les mesures basées sur Twitter ont conduit à des modifications des mesures basées sur Google, les deux sont corrélées positivement avec d'autres mesures du sentiment des investisseurs américains.	L'indicateur basé sur Twitter est statistiquement significatif et fournit de meilleures prévisions du rendement des actions pour les États-Unis. L'indicateur basé sur Google est également significatif mais avec un pouvoir prédictif inférieur. Corrélations similaires pour le Royaume-Uni, le Canada et la Chine, au sein d'un modèle à deux variables plus simple, mais avec un pouvoir prédictif inférieur pour la Chine. Les indicateurs de Google sont fortement corrélés pour les cours boursiers mais avec un pouvoir prédictif plus faible.	Constatent un manque de preuves relativement à la causalité. Constatent la nécessité de développer des méthodes de conception expérimentale et des algorithmes d'apprentissage automatique appropriés pour le traitement des Tweets et pour les tests de causalité.
McLaren & Shanbhogue (2011)	Étude de la Banque d'Angleterre examinant l'utilisation des données de recherches sur Internet pour les marchés du travail et du logement au Royaume-Uni.	Ajoutent la variable de recherche des demandeurs d'emploi aux modèles AR en différence première pour le chômage, incluant d'autres indicateurs et les prix des logements, sur la période 2004-2011.	Résultats mitigés. L'indicateur de demandeurs d'emploi est significatif et plus performant que les résultats hors échantillon portant sur le nombre de demandeurs. Résultats plus solides pour les prix des logements, la variable de recherche sur Internet dans le modèle AR (1) surpassant les autres indicateurs sur la période 2004-2011	Constatent les limites de l'approche mais concluent que les données de recherches Internet fournissent des informations qui ne sont pas couvertes par les enquêtes auprès des entreprises. La banque doit surveiller les données de recherches situées dans la portée des indicateurs dans l'évaluation des perspectives économiques du Royaume-Uni
Preis <i>et al.</i> (2010)	Examinent les données de recherche Google hebdomadaires pour y détecter des liens possibles entre les données des volumes de recherche et les fluctuations hebdomadaires du marché financier américain.	Analyse de corrélation complexe pour la recherche de noms de sociétés et les volumes de transactions pour S&P 500.	Trouvent la preuve de fortes corrélations. Modèles récurrents trouvés grâce à une nouvelle méthode de quantification des corrélations complexes.	
Schmidt & Vosen (2010)	Examinent les performances prédictives de l'indicateur de recherche Google pour la consommation privée américaine.	Performance évaluée par rapport à l'indice de confiance du Conference Board et l'indice de sentiment du consommateur de l'université du Michigan dans des modèles AR simples et des fonctions de consommation plus classiques, incluant des variables de revenu retardé, de taux d'intérêt et de cours boursiers	L'indicateur de recherche Google surpasse les indicateurs basés sur les enquêtes dans les modèles AR simples. Avec une fonction de consommation étendue, les indicateurs de Google et du Conference Board offrent des améliorations, le premier étant utile pour les prévisions à un mois.	L'indice du Michigan n'a apporté aucune valeur supplémentaire.
Schmidt & Vosen (2012)	Examinent l'utilisation des données de recherche sur Internet pour les prédictions lors d'événements spéciaux lorsque des informations actualisées ne sont pas disponibles. Plus précisément, examine les programmes de mise au rebut des voitures dans quatre pays (la France, l'Allemagne, l'Italie et les États-Unis).	Utilisent de petits modèles trimestriels dynamiques pour l'évolution de la consommation sur la période 2002-2009, incluant le revenu et un indicateur de recherche Google, qui constitue en réalité une variable de fluctuation au cours des programmes concernés.	Constatent que l'inclusion des données des requêtes de recherche dans les modèles de prévision statistique améliore les performances de prévision dans presque tous les cas.	Notent que la principale difficulté consiste à identifier les événements irréguliers et à trouver la série chronologique appropriée à partir des statistiques de recherche Google.

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Suhoy (2009)	Examine l'utilisation des indicateurs de recherche Google dans divers secteurs et variables pour Israël, en utilisant des catégories de requêtes comprenant les ressources humaines, les appareils ménagers, les voyages, l'immobilier, les produits alimentaires et les boissons, ainsi que les soins de beauté et les soins personnels.	Applique les tests de causalité de Granger, des modèles linéaires à différence première et des modèles bayésiens à deux états, pour tester le mouvement simultané des indicateurs et des cycles de croissance.	L'indicateur du marché du travail s'est avéré le plus prédictif, améliorant les projections mensuelles relatives à la variation des taux de chômage. Constate l'utilité de la fréquence hebdomadaire pour la surveillance mensuelle en temps réel, avec des indices de requête précédant jusqu'à deux mois les données officielles. Les mouvements simultanés dans les requêtes de recherche ont été jugés utiles pour évaluer les ralentissements économiques.	
Tkacz (2013)	Étude canadienne examinant l'utilisation de l'indicateur de recherche Google pour prédire les récessions et les points de retournement récents des principaux indicateurs macroéconomiques.	Examine les indicateurs de recherche sur Internet liés à la récession et d'autres variables financières et de paiement dans des modèles probit, pour prévoir les points de retournement pour le PIB et le chômage.	Constate que l'utilisation des recherches Google sur les termes « récession » et « emploi » aurait pu prédire la récession de 2008 jusqu'à trois mois avant son déclenchement. La taille réduite de l'échantillon empêche l'analyse d'autres points de retournement.	Fournit un bon aperçu de la nature et des limites des variables liées à la recherche, en notant à la fois les avantages liés à leur rapidité, mais également leur nature qualitative et leur sensibilité aux choix spécifiques.
Toth & Hajdu (2012)	Examinent l'utilisation des indicateurs de recherches Google pour prédire la consommation des ménages, les ventes au détail et les ventes de voitures en Hongrie.	Les indicateurs pertinents pour les ventes au détail et les ventes de voitures sont construits et testés selon un modèle de base autorégressif simple utilisant des données mensuelles pour la période 2004-2011.	Une combinaison de variables Google s'avère significative lorsqu'elle est utilisée en combinaison avec des termes autorégressifs. Des résultats similaires sont obtenus pour la consommation trimestrielle, mais avec une taille d'échantillon plus petite.	Ensemble de données très saisonnier.
Tuhkuri (2015)	Thèse de doctorat sur l'utilisation des données de recherche sur Internet pour prédire le chômage aux États-Unis pour l'ensemble de l'économie et pour les États.	Introduit des informations sur la fréquence de recherche sur Internet par rapport aux allocations de chômage dans une gamme de modèles de référence AR et de modèles de données de panel au niveau des États.	Les améliorations de la précision prédictive à l'aide des données de Google semblent robustes pour différentes spécifications de modèle et termes de recherche, mais sont généralement modestes et limitées à des prévisions à court terme. La valeur informative des données de recherche sur Internet tend également à être spécifique à une période de temps.	Fournit une excellente revue de la littérature ainsi que des informations approfondies sur toute une variété de tests, dont les tests de causalité et de stabilité.
Vlastakis & Markellos (2012)	Étude de la demande d'informations au niveau du marché et des entreprises à l'aide de données sur les 30 plus grandes actions négociées au NYSE	Demandes hebdomadaires des mandataires par Internet et données de volume de recherche Google Trends par nom de société	Les résultats suggèrent une relation significative avec les volumes de transaction des actions individuelles et la variance conditionnelle du rendement excédentaire des actions. La signification des indicateurs de recherche diminue en cas d'utilisation de mesures implicites plutôt qu'historiques sur la volatilité aux niveaux de l'entreprise et du marché.	L'étude confirme l'hypothèse théorique selon laquelle la demande d'informations est liée de façon positive à l'aversion au risque.
Webb (2009)	Examine la relation entre les recherches du mot clé « saisie » sur Google et les saisies immobilières effectuées réalisées aux États-Unis entre 2004 et 2008.	Utilise une analyse de corrélation et de régression à deux variables.	Trouve une forte corrélation entre les deux variables fournissant une estimation raisonnablement précise des tendances pour les saisies immobilières effectives réalisées aux États-Unis.	

Auteurs	Secteur/Thème/Pays	Méthodes et données	Principaux résultats	Notes/commentaires
Wolfram (2010)	Applique les méthodes d'échantillonnage Natural Programming Language aux flux Twitter très fréquents, sur une période de 10 jours en 2010, afin de prévoir les fluctuations horaires et quotidienne des cours pour les actions d'Apple, de Google, d'Intel et pour d'autres actions sélectionnées.	Utilise des méthodes SVR (Support Vector Regression) automatisées pour modéliser et simuler les mouvements des cours boursiers à très court terme.	Les prévisions basées sur un modèle étaient très proches des valeurs de référence pour les actions Apple et Google sur une très courte période (15 minutes) mais devenaient instables avec l'accroissement de la distance de prévision (jusqu'à 30 minutes). Conclut que ces informations pertinentes peuvent être extraites pour conférer des avantages modestes mais significatifs pour la prévision des prix du marché	Souligne la nécessité d'améliorer l'échantillonnage en identifiant plus clairement les utilisateurs influents et en créant des règles spécifiques à l'ensemble de données Twitter afin de se concentrer plus spécifiquement sur le thème des marchés financiers
Wu & Brynjolfsson (2009 et 2013)	Étude déterminante sur l'utilisation des données de recherche sur Internet pour prédire les tendances du marché immobilier et les ventes d'appareils électroménagers en 2008-2009 aux États-Unis.	Des indicateurs de recherche pertinents sont construits, puis introduits dans des modèles autorégressifs trimestriels dynamiques communs pour les achats de logements et les prix au niveau de l'État, y compris les variables à effets fixes.	L'indice de recherche de logement s'est avéré significatif et fortement prédictif des ventes et des prix futurs du marché du logement par rapport à un modèle de référence fondamental. Prédiction hors échantillon et erreurs absolues moyennes significativement plus petites que le modèle de référence. Résultats similaires trouvés pour les ventes d'appareils ménagers.	
Zhang <i>et al.</i> (2011)	Examen d'un large échantillon d'entrées quotidiennes sur Twitter entre mars et septembre 2009. Estiment diverses mesures pour différents degrés d'humeurs positives et négatives, allant de la peur à l'espoir.	Corrèle ces informations avec les valeurs correspondantes des indices Dow Jones, NASDAQ, S&P 500 et VIX.	Trouvent des corrélations statistiquement significatives, cohérentes avec les impacts négatifs des indicateurs d'humeur retardés sur les cours boursiers actuels et avec le VIX.	Notent que le résultat est valable pour les indicateurs d'humeur positifs et négatifs, ce qui suggère l'importance relative des explosions émotionnelles par opposition à l'indicateur d'humeur spécifique de la période d'échantillonnage.

