

Prévisions de l'activité économique en temps de crise

RACHIDI KOTCHONI
MANUEL PAQUETTE-DUPUIS
DALIBOR STEVANOVIC

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act.

Les partenaires du CIRANO

Partenaires corporatifs

Autorité des marchés financiers
Banque de développement du Canada
Banque du Canada
Banque Laurentienne
Banque Nationale du Canada
Bell Canada
BMO Groupe financier
Caisse de dépôt et placement du Québec
Canada Manuvie
Énergir
Hydro-Québec
Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Intact Corporation Financière
Investissements PSP
Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation
Ministère des Finances du Québec
Mouvement Desjardins
Power Corporation du Canada
Rio Tinto
Ville de Montréal

Partenaires universitaires

École de technologie supérieure
École nationale d'administration publique
HEC Montréal
Institut national de la recherche scientifique
Polytechnique Montréal
Université Concordia
Université de Montréal
Université de Sherbrooke
Université du Québec
Université du Québec à Montréal
Université Laval
Université McGill

Le CIRANO collabore avec de nombreux centres et chaires de recherche universitaires dont on peut consulter la liste sur son site web.

ISSN 1499-8629 (Version en ligne)

© 2019 Rachidi Kotchoni, Manuel Paquette-Dupuis, Dalibor Stevanovic. Tous droits réservés. *All rights reserved.*
Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©. *Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*



Résumé

L'objectif de cette recherche est d'améliorer les modèles de prévisions en période de crise pour l'économie canadienne et québécoise. Nous utilisons les techniques employées par Kotchoni et Stevanovic (2016) et Guerron-Quintana et Zhong (2017) qui sont basées sur l'ajout de la probabilité de récession au modèle autorégressif et la correction des prévisions par la méthode des k plus proches voisins respectivement. Les variables d'intérêts sont le taux de croissance de l'emploi, le taux de chômage et le taux de croissance du PIB. Un exercice de prévision hors échantillon est réalisé pour comparer les différents modèles proposés.

Mots clés : Analyse en composantes principales ; Cycles économiques ; Points de Retournement ; Probit ; Récessions

Table des matières

1	Introduction	1
2	Modélisation de la probabilité de récession	3
3	Modélisation de l'activité économique	4
3.1	Modèle autorégressif direct	5
3.2	Modèles ADL	5
3.3	Modèles AAR	6
3.4	Modèles des k plus proches voisins	7
4	Données	9
5	Analyse en pseudo hors échantillon	10
5.1	Analyse de la probabilité de récession	12
5.2	Résultats	15
6	Prévisions actuelles	18
7	Conclusion	23
A	Annexe I	26
B	Annexe II : Prévion en pseudo hors échantillon	27
B.1	Prévion des points de retournement	27
B.2	Prévion des variables macroéconomiques	34

Table des figures

1	Prévisions de la probabilité de récession avec l'écart de taux TR90	13
2	Prévisions de la probabilité de récession avec la combinaison PC55-R2	14
3	Prévisions de l'emploi québécois	19
4	Prévisions de l'emploi canadien	20
5	Prévisions du taux de chômage québécois	21
6	Prévisions du taux de chômage canadien	21
7	Prévisions du PIB québécois	22
8	Prévisions du PIB canadien	22
9	Probabilité de récession 1 trimestre en avance avec dates CD Howe	27
10	Probabilité de récession 1 an en avance avec dates CD Howe	28
11	Probabilité de récession 2 ans en avance avec dates CD Howe	28
12	Probabilité de récession 3 ans en avance avec dates CD Howe	29
13	Probabilité de récession 1 trimestre en avance avec dates OCDE	29
14	Probabilité de récession 1 an en avance avec dates OCDE	30

15	Probabilité de récession 2 ans en avance avec dates OCDE	30
16	Probabilité de récession 3 ans en avance avec dates OCDE	31
17	Probabilité de récession avec composantes principales 1 trimestre en avance avec dates OCDE	31
18	Probabilité de récession avec composantes principales 1 an en avance avec dates OCDE	32
19	Probabilité de récession avec composantes principales 2 ans en avance avec dates OCDE	32
20	Probabilité de récession avec composantes principales 3 ans en avance avec dates OCDE	33
21	Prévisions de l'emploi québécois 3 mois à l'avance	34
22	Prévisions de l'emploi québécois 12 mois à l'avance	34
23	Prévisions de l'emploi canadien 3 mois à l'avance	35
24	Prévisions de l'emploi canadien 12 mois à l'avance	35
25	Prévisions du taux de chômage québécois 3 mois à l'avance	36
26	Prévisions du taux de chômage québécois 12 mois à l'avance	36
27	Prévisions du taux de chômage canadien 3 mois à l'avance	37
28	Prévisions du taux de chômage canadien 12 mois à l'avance	37
29	Prévisions du PIB québécois un trimestre à l'avance	38
30	Prévisions du PIB québécois quatre trimestre à l'avance	38
31	Prévisions du PIB canadien un trimestre à l'avance	39
32	Prévisions du PIB canadien quatre trimestre à l'avance	39

Liste des tableaux

1	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles de l'emploi québécois sur le modèle autorégressif	15
2	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles de l'emploi canadien sur le modèle autorégressif	16
3	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles du taux de chômage québécois sur le modèle autorégressif	17
4	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles du taux de chômage canadien sur le modèle autorégressif	17
5	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles du PIB québécois sur le modèle autorégressif	18
6	Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles du PIB canadien sur le modèle autorégressif	18

1 Introduction

La prévision de l'activité économique est une étape importante de la prise de décision. En plus du secteur public, le secteur privé consacre beaucoup de ressources à la préparation de prévisions. Celles-ci jouent un grand rôle dans la formation des anticipations des agents économiques. Les erreurs de prévisions induisent donc d'importants coûts pour l'économie et la société. Autour des points de retournements du cycle, une information plus juste sur l'activité économique possède une valeur primordiale, car les anticipations doivent s'ajuster à temps à des changements rapides et brusques de l'économie.

Les récessions posent un grand défi puisque l'erreur de prévision de l'activité économique varie avec le cycle. Durant ces périodes, les séries temporelles prennent souvent des valeurs extrêmes et présentent même des sauts. Il est donc difficile pour un modèle macroéconométrique de capter rapidement ce changement et de correctement prédire les variations futures. La dernière récession en est un exemple où la plupart des modèles n'ont pas correctement prévu l'amplitude des changements.

Cependant, les récessions apportent de la nouvelle information qui peut être utilisée dans la modélisation. L'ajout de relations non linéaires peut améliorer la prévision des récessions en période de changements brusques, mais pas nécessairement en période d'expansion. Il y a donc un avantage considérable à utiliser des modèles différents en période de crise que ceux utilisés en temps normal. (Chauvet *et al.*, 2013) Par exemple, les prévisions réalisées par les acteurs privés majeurs de l'économie américaine présentent des erreurs beaucoup plus élevées autour des points de retournement du cycle. Or, comme le démontre Kundan (2010), les prévisions du *Greenbook* de la Réserve Fédérale américaine font mieux en période de crise. Par contre, ces prévisions ne peuvent être utilisées en temps réel, car elles sont rendues disponibles avec un retard de cinq ans. Si ce genre de modèle a été développé pour l'économie américaine, il existe peu de littérature pour l'économie canadienne.

L'objectif de cette recherche est d'améliorer les modèles de prévisions en période de crise pour l'économie canadienne et québécoise. Il existe plusieurs façons d'ajuster un modèle de prévisions pour améliorer sa performance en temps de crise. Kotchoni et Stevanovic (2016) ajoute la probabilité de récession à une composante autorégressive pour améliorer le pouvoir prédictif du modèle. Ils utilisent un modèle probit incluant des variables financières comme les écarts de taux pour modéliser le cycle. L'ajout non linéaire de ces variables dans le modèle permet de réduire l'erreur de prévision à un an à l'avance en période de récession pour l'économie américaine. Au Canada, l'écart entre les taux d'intérêt des obligations du gouvernement canadien de dix ans et plus et les taux de papiers commerciaux à 90 jours est un bon prédicteur du cycle (Clinton, 1995; Bernard et Gerlach, 1998). Par contre, l'utilisation de ce genre de modélisation du cycle nécessite d'observer les périodes de récession passées. Or, au Canada, aucun organisme officiel n'établit les dates de récessions contrairement aux États-Unis où un comité du *National Bureau of Economic Research* est responsable de cette tâche. Une façon de contourner ce problème est d'utiliser un modèle de Markov à changement de régime (Goodwin, 1993) ou d'utiliser les périodes de récession établies par l'Institut C.D. Howe (Cross et Bergevin, 2012).

Dans le même but, Guerron-Quintana et Zhong (2017) utilisent un modèle non paramétrique pour modéliser le cycle. Il s'agit d'une méthode empruntée à l'apprentissage automatique, soit la méthode des k plus proches voisins. La première étape consiste à établir la séquence temporelle qui minimise la distance avec les données récentes. Ensuite, l'erreur de prévision du modèle sur cette séquence est ajoutée au modèle de prévision à h périodes. Encore une fois, ils trouvent que cette approche améliore les performances de leur modèle de prévision aux horizons situés entre un et douze mois. Taieb et Hyndman (2012) utilisent également la méthode des k plus proches voisins pour faire des prévisions sur des séries temporelles. Ils apportent une correction à la prévision itérative en ajoutant la modélisation de l'erreur de prévision réalisée de façon directe. La modélisation avec les voisins les plus

proches permet de réduire la variance et le biais.

Dans cette recherche nous tentons d'améliorer la prévision de plusieurs variables macroéconomiques canadiennes et québécoises en utilisant les techniques employées par Kotchoni et Stevanovic (2016) et Guerron-Quintana et Zhong (2017). Les variables d'intérêts sont le taux de croissance de l'emploi, le taux de chômage et le taux de croissance du PIB. Un exercice de prévision hors échantillon est réalisé pour comparer les différents modèles proposés.

Les deux prochaines sections montrent les modèles de prévision. La section 4 présente les données et la section 5 discute des résultats. La section 6 montre les plus récentes prévisions et la section 7 conclut. L'annexe contient la description des spécifications d'un modèle de prévision.

2 Modélisation de la probabilité de récession

La modélisation de la probabilité de récession est un instrument clé dans la prévision de l'activité économique en temps de crise. C'est également l'étape nécessaire pour un des modèles de prévision proposé dans la prochaine section. Un modèle Probit comme dans (Estrella et Mishkin, 1996) est utilisé pour modéliser les points de retournements du cycle. Ici, R_t est un indicateur de récession au temps t et X_t contient un ensemble de prédicteurs. L'indicateur de récession prend la valeur de 1 en cas de récession et 0 sinon. Le modèle prend donc la forme :

$$R_{t+h} = \Phi(X_t \gamma_h) + u_{h,t} \quad \forall h, t, \quad R_{t+h} \in \{0, 1\}$$

La prévision de la probabilité de récession est donnée par :

$$Pr(R_{t+h} = 1 | X_t) = \Phi(X_t \gamma_h). \tag{1}$$

Elle devient faisable lorsque le paramètre γ_h est estimé sur l'échantillon observé. La particularité de cette approche est la nécessité d'observer les dates de récession R_t , contrairement à la méthode de changement de régimes markoviens où la probabilité de récession est modélisée de façon endogène. Nous privilégions ici la première approche à cause de sa simplicité, robustesse et l'inclusion facile des indicateurs avancés dans l'ensemble d'information X_t .

Par ailleurs, nous utiliserons l'ensemble d'information de deux façons. Dans un premier temps, X_t contiendra un seul indicateur communément utilisé dans la littérature, l'écart de taux de long et de court terme, mesurant ainsi la pente de la courbe de rendement. Dans un deuxième temps, X_t contiendra des dizaines d'écarts de taux à différentes maturités. En ce moment, au lieu d'utiliser X_t , nous réduirons la dimension du problème en remplaçant X_t par ces K premières composantes principales. Les détails seront expliqués plus loin dans l'application.

3 Modélisation de l'activité économique

Plusieurs modèles sont considérés pour prévoir l'activité économique, y_t . L'objectif est de prévoir l'activité économique sur plusieurs horizons, h . Deux modèles de référence sont considérés, soit le modèle autorégressif, AR, et le modèle autorégressif à retards échelonnés, ADL. Ensuite, deux modèles ayant comme objectif de réduire l'erreur de prévision en temps de crise sont utilisés, soit le modèle autorégressif augmenté, AAR, et le modèle des k plus proches voisins, kNN. Dans tous les cas la prévision directe sera considérée, i.e. que la cible y_{t+h} est projetée directement sur l'ensemble d'information X_t pour tout horizon de prévision h .

3.1 Modèle autorégressif direct

Le modèle de référence, dénoté AR, est un modèle autorégressif direct d'ordre h . Il prend la forme :

$$y_{t+h} = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \nu_{t+h}$$

Et la prévision h périodes à l'avance est donnée par :

$$y_{t+h|t} = \mathbf{E}(y_{t+h}|y_t, X_t) = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t$$

Afin de produire la prévision, les paramètres $\rho_{h,0}$ et $\rho_{h,1}$ sont estimés par les moindres carrés ordinaires.

3.2 Modèles ADL

La deuxième classe de modèle considérée est Autoregressive Distributed Lag (ADL). Ici, un ensemble de variables explicatives, X_t , est ajouté à la composante autorégressive de façon linéaire. Le modèle s'écrit :

$$y_{t+h} = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + X_t\beta_h + \tilde{\nu}_{t+h} \tag{2}$$

et la prévision est donnée par :

$$y_{t+h|t} = \mathbf{E}(y_{t+h}|y_t, X_t) = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + X_t\beta_h.$$

Comme dans le modèle AR, les paramètres sont estimés par les moindres carrés ordinaires. Notons que des spécifications plus riches des modèles AR et ADL peuvent être utilisées, en particulier en permettant une structure de retards plus compliquée. Nous optons ici pour les modèles les plus parcimonieux et faisons varier considérablement les horizons de prévision.

3.3 Modèles AAR

Le troisième modèle fait partie de la classe des modèles autorégressifs augmentés tels que considérés par Kotchoni et Stevanovic (2016). En plus d'une composante autorégressive, il incorpore la prévision du point de retournement du modèle probit. Le modèle prédictif prend la forme suivante :

$$y_{t+h} = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \delta_h R_{t+h} + v_{t+h}, \quad (3)$$

pour $t = 1, \dots, T - h$, où $v_{t+h} \sim N(0, \sigma_h^2)$. Cette innovation peut être corrélée avec R_{t+h} mais non corrélée avec les valeurs retardées de y_t . Ce modèle n'est pas faisable en temps réel puisque R_{t+h} n'est pas connu en t .

En prenant l'espérance conditionnelle à l'information observée en temps t de l'équation 3, nous obtenons

$$E(y_{t+h}|y_t, X_t) = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \delta_h \Pr(R_{t+h} = 1|y_t, X_t).$$

Nous supposons que la probabilité de récession en $t+h$ dépend seulement de X_t . Ceci a pour but de diminuer le risque de surajustement si les valeurs historiques de y_t ont été utilisées pour inférer les dates de récession R_t . La probabilité de récession est d'ailleurs modélisée par un Probit comme dans la section 2. Dans ce cas, la valeur espérée de y_{t+h} devient

$$E(y_{t+h}|y_t, X_t) = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \delta_h \Phi(X_t \gamma_h).$$

Par conséquent, le modèle prédictif AAR peut s'écrire

$$y_{t+h} = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \delta_h \Phi(X_t \gamma_h) + \tilde{v}_{t+h}, \quad (4)$$

où $\tilde{v}_{t+h} \equiv v_{t+h} + \delta_h (R_{t+h} - \Phi(X_t \gamma_h))$ est un terme d'erreur. Notons que ce modèle exploite l'information X_t d'une façon nonlinéaire comparée au modèle ADL dans 2 qui fait intervenir les prédicteurs de manière linéaire. De plus, lorsque la probabilité de récession $\Phi(X_t \gamma_h)$ est proche de zéro, ces prédicteurs n'ont pas d'effet sur la prévision de y_{t+h} . Dans le cas du modèle ADL, l'effet marginal de X_t est constant (donné par β_h). La comparaison entre ce modèle et le modèle AAR avec le même ensemble de prédicteurs permet de déterminer si le pouvoir explicatif de l'ensemble est amélioré par la non-linéarité.

La prévision directe du modèle s'écrit comme :

$$y_{t+h|t} = \mathbf{E}(y_{t+h}|y_t, X_t) = \rho_{h,0} + \rho_{h,1}y_t + \delta_h \Phi(X_t \gamma_h). \quad (5)$$

Notons qu'il s'agit d'une procédure à deux étapes : (1) modélisation prédictive de la probabilité de récession ; (2) modélisation prédictive de la variable cible y . Nous avons choisi de procéder avec un modèle simple et robuste dans la première partie, mais n'importe quel autre modèle de détection de probabilité de récession pourrait convenir.

3.4 Modèles des k plus proches voisins

Le modèle des k plus proches voisins peut être utilisé pour faire la prévision de séries temporelles. Ici, l'algorithme d'appariement en déviation de la moyenne locale de Guerron-Quintana et Zhong (2017) est utilisé. L'idée générale de cette méthode est de trouver la séquence dans une série observée dont les variations sont les plus semblables à celles de la dernière séquence observée. La série $Y_T = y_1, y_2, \dots, y_T$ est décomposée en t_n séquences de lon-

gueur k . L'ensemble des séquences prend la forme $C_j = \{[y_{t_1}, y_{t_1+1}, \dots, y_{t_1+k-1}], [y_{t_2}, y_{t_2+1}, \dots, y_{t_2+k-1}], \dots, [y_{t_n}, y_{t_n+1}, \dots, y_{t_n+k-1}]\}$. L'algorithme d'appariement choisira une séquence de l'ensemble C_j et l'assignera à la séquence la plus récente $[y_{T-k+1}, y_{T-k+2}, \dots, y_T]$. Par exemple, si les séquences $[y_{t+1-k}, \dots, y_t]$ et $[y_1, y_2, \dots, y_k]$ sont comparées, l'algorithme consiste à minimiser la fonction de distance W :

$$W = \sum_{i=1}^k \omega(i) ((y_{t+1-i} - \bar{y}_t) - (y_{k+1-i} - \bar{y}_k))^2$$

où \bar{y}_t représente la moyenne de la séquence :

$$\bar{y}_t = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_{t-k+i}$$

et où les poids décroissent linéairement avec i , par exemple :

$$\omega(i) = \frac{1}{i}.$$

L'objectif est d'ajuster la prévision d'un modèle avec l'erreur réalisée par ce modèle pour la séquence qui minimise la fonction de distance. Par exemple, avec le modèle AR, la prévision s'exprime comme :

$$\hat{y}_{t+h} = (y_{t_1+k+h} - \hat{y}_{t_1+k+h,AR}) + \hat{y}_{t+h,AR}$$

où $\hat{y}_{t_1+k+h,AR}$ est la prévision du modèle AR à h périodes suivant la dernière observation de la séquence appariée et y_{t_1+k+h} est la valeur observée.¹ Il est également possible de sélectionner

1. Nous omettons le conditionnement à l'ensemble d'information ici seulement pour faciliter l'écriture.

les m séquences qui minimisent la fonction de distance, la prévision devient :

$$\hat{y}_{t+h} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_{t(i)+k+h} - \hat{y}_{t(i)+k+h,AR}) + \hat{y}_{t+h,AR}$$

où $[t(i), t(i)+1, \dots, t(i)+k]$ est la séquence i la plus rapprochée de la séquence la plus récente.

Les paramètres k et m sont déterminés en minimisant l'erreur quadratique moyenne parmi les km combinaisons de paramètres possibles :

$$EQM = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (y_t - \hat{y}_t)^2.$$

En exercice hors échantillon, comme les paramètres sont sélectionnés à chaque itération, il faut choisir une fenêtre sur laquelle calibrer les paramètres. Cette fenêtre commence à t_1 et se termine à l'observation t . Une prévision est produite avec la méthode kNN pour les observations de t_1 à $t-h$ avec chacune des combinaisons de paramètres. Les paramètres sont ensuite sélectionnés comme :

$${}_{k,m}EQM_{t,km} = \frac{1}{t-t_1} \sum_{\tau=t_1}^t (y_\tau - \hat{y}_{\tau,km})^2.$$

4 Données

Deux ensembles de données sont utilisés pour décrire l'activité économique au Québec et au Canada en fréquence mensuelle et trimestrielle. Les données mensuelles sont l'emploi et le taux de chômage du Québec et Canada. Les données sur le taux de chômage et l'emploi (Statistiques Canada, Tableau 282-0087) s'étalent de janvier 1976 à mars 2017. Le taux de chômage, quoique persistant, est supposé stationnaire, mais le niveau d'emploi est stationnarisé par une différence première des logarithmes. Les données trimestrielles sont le PIB réel canadien et le PIB réel québécois du premier trimestre 1981 au quatrième trimestre 2017

et sont tirées de Statistiques Canada. Elles sont stationnarisées en utilisant une différence première des logarithmes.

Deux sources de données sur les récessions canadiennes ont été sélectionnées soit celles établies par l'OCDE et celles établies par l'organisme C.D. Howe. Comme les deux sources diffèrent sur les périodes de récession, le pouvoir prédictif de chacune est testé. Le comité du C.D. Howe a identifié seulement deux récessions durant la période de test, soit entre 1990 et 2017, tandis que OCDE en compte sept. La durée des récessions communes aux deux organismes n'est pas la même non plus, OCDE étant plus pessimiste. Alors, nous avons voulu comparer la méthode AAR sur les deux approximations. Notons que nous supposons que le Canada et le Québec sont en récession en même temps.

Les données financières utilisées sont des taux de rendement du marché financier (Statistiques Canada, Tableau 176-0043). Cette base de données contient 54 différents taux de courts, moyens et longs termes. Elles sont utilisées en fréquence mensuelle et trimestrielle. L'échantillon considéré pour les données financières et les vecteurs de récession s'étale de janvier 1973 à décembre 2017. Pour calculer les composantes principales de la base de données financières, les données manquantes ont été inférées à l'aide de l'algorithme EM utilisé par Stock et Watson (2002).

5 Analyse en pseudo hors échantillon

L'analyse en pseudo hors échantillon est réalisée pour les fréquences mensuelle et trimestrielle. L'exercice mensuel est fait sur les données du taux de chômage et de l'emploi. La période de prévision va de janvier 1990 à mars 2017. Les horizons de prévisions sont de 3 à 24 mois. L'exercice trimestriel est produit pour le PIB québécois et le PIB canadien du premier trimestre de l'année 2000 au premier trimestre de l'année 2017. Les horizons de prévisions sont de 1 à 8 trimestres. La métrique d'évaluation des modèles est l'erreur qua-

dratique moyenne (EQM). Ceci est le standard dans la littérature et suppose une fonction de coût quadratique. Dans les tableaux de résultats, nous montrons le ratio de EQM d'un modèle par rapport à l'EQM du modèle de référence AR. Ainsi, si le ratio prend une valeur plus petite que 1, cela signifie que ce modèle considéré fait mieux que le modèle de référence. Rappelons que le modèle de référence n'utilise aucune information exogène et n'est pas modifié pour tenir compte du changement d'état de l'économie (probabilité d'être en récession).

Les tableaux 1 - 6 rapportent les résultats pour une variable à la fois. Dans chaque tableau, nous présentons en premier les résultats des trois modèles de base : ADL, AAR-HOWE et AAR-OCDE. Les deux derniers correspondent au modèle AAR où le modèle de Probit a été entraîné soit sur les dates de récession du C.D. Howe ou de l'OCDE. Pour ces trois modèles, X_t contient seulement l'écart entre le taux d'intérêt à long terme (10 ans et plus) des obligations du gouvernement canadien et le taux du papier commercial à 90 jours (TR90).

Deux raffinements sont ensuite proposés. En premier, au lieu d'inclure seulement TR90 comme variable exogène, les performances du modèle AAR sont testées avec un plus grand ensemble de données. Les six premières composantes principales de la base de données de taux d'intérêt sont estimés. Ensuite, la probabilité de récession est calculée pour l'ensemble des 63 combinaisons possibles des 6 composantes principales avec chacun des deux vecteurs de récession. Les prévisions sont réalisées pour chacune des combinaisons. La ligne correspondante à AAR-CP montre les ratios d'EQM par rapport au modèle AR du modèle le plus performant estimé de cette façon pour chacun des horizons et chacune des variables. Le code entre parenthèse montre la meilleure spécification. Les codes sont expliqués en annexe.

Secundo, la correction par la méthode kNN est exécutée pour les modèles AR et ADL, ainsi que pour la meilleure spécification AAR-CP. Ces modèles de prévision sont représentés dans les tableaux par AR-kNN, ADL-kNN et AAR-kNN respectivement. Le paramètre m

du modèle est testé de 2 à 70 alors que le paramètre k est testé sur l'intervalle 2 à 25.

5.1 Analyse de la probabilité de récession

La première étape de la modélisation AAR est d'estimer un modèle de probabilité de récession. Comme illustré dans la section 2, nous avons opté pour un simple modèle Probit statique afin de modéliser et prévoir les points de retournement du cycle de l'économie canadienne et québécoise. Ici, nous montrons les prévisions des probabilités de récession dans le pseudo hors échantillon. Le seul indicateur dans X_t est TR90, l'écart entre le taux moyen des bonds du gouvernement du Canada à 10 ans et plus et le taux du papier commercial canadien à 3 mois comme utilisé par Clinton (1995). La figure 1 montre les prévisions du modèle probit de 3 mois à 36 mois à l'avance en utilisant le vecteur de récession de C.D. Howe et en utilisant le vecteur de l'OCDE.² Au lieu de seulement montrer les prévisions pour un horizon donné, nous présentons la structure à terme des prévisions. Ceci est plus informatif puisque la forme (convexité) de cette structure à terme peut indiquer l'arrivée imminente d'un point de retournement comme proposé dans Kotchoni et Stevanovic (2016). Les bandes rouges représentent les récessions déterminées par chacun des organismes.

La performance du modèle Probit dans la détection des signaux de récession est maximisée pour les horizons de 6 à 8 mois, qui est un standard dans la littérature. Nous remarquons aussi que la pente de la structure à terme des prévisions s'inverse juste avant la récession de 2009, c'est-à-dire les courbes de prévision passent de convexes à concaves. Ceci confirme ce que Kotchoni et Stevanovic (2016) ont trouvé dans le cas américain. Notons également la présence de plusieurs "faux" signaux. Un faux signal est défini comme une forte probabilité de récession lorsqu'elle n'a pas été déclarée. Prenons par exemple 2001. Les probabilités sont relativement élevées et la forme de la structure à terme change. Par contre, C.D. Howe n'a pas déclaré 2001 comme une année de récession, bien que cette année ait été classée comme

2. Sur la figure, pour une meilleure lecture les horizons sont convertis en trimestres.

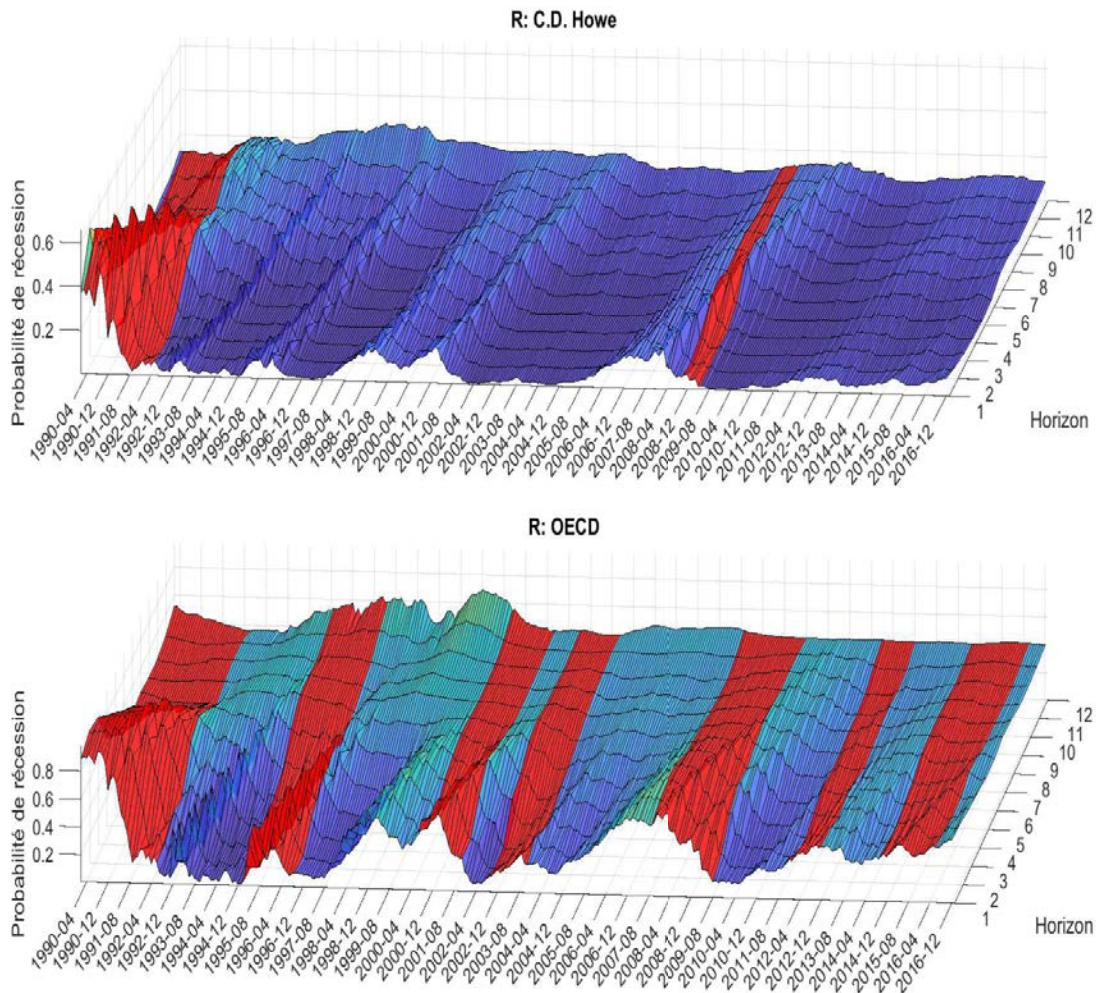


FIGURE 1 – Prévisions de la probabilité de récession avec l'écart de taux TR90

telle aux États-Unis par le comité du NBER. Il est probable que bien que l'économie canadienne ait subi un ralentissement, celui-ci n'a pas été assez important pour devenir une récession. Dans le cas des dates de l'OCDE, il y a beaucoup plus de variabilité dans les prévisions car il y a beaucoup plus de dates de récession lorsque le modèle est entraîné. Le nombre de "faux" signaux est donc pratiquement nul.

La figure 2 montre les prévisions du modèle probit en utilisant une combinaison de composantes principales. Le modèle est estimé avec la troisième et la sixième composante principale

ainsi que le vecteur de récession de l'OCDE. Cette spécification a été identifiée comme la plus précise en terme de prévision de plusieurs variables par la méthode AAR-CP, que nous présenterons dans la prochaine section. Ce modèle envoie plus de faux signaux, mais semble capter mieux les récessions aux horizons plus faibles. L'annexe B contient les figures standard des probabilités de récession pour différents horizons.

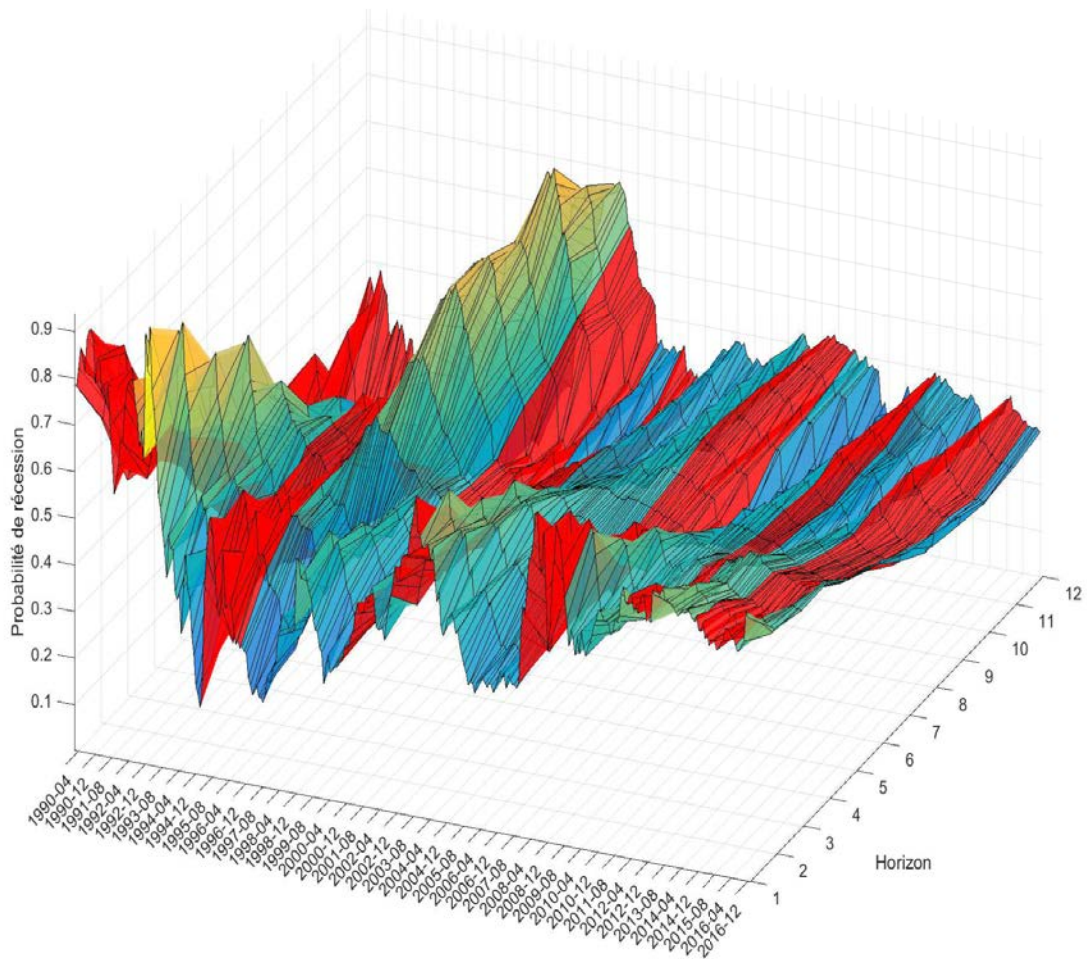


FIGURE 2 – Prévisions de la probabilité de récession avec la combinaison PC55-R2

5.2 Résultats

Maintenant, nous procédons à l'analyse des résultats de l'exercice de prévision des six variables d'intérêt. Ici, nous rapportons les tableaux contenant les ratios d'EQM par rapport au modèle de référence. Annexe B contient les figures montrant les prévisions durant la période d'évaluation. Le tableau 1 présente les résultats pour le taux de croissance d'emploi québécois.

Tableau 1 – Ratio d'erreur quadratique moyenne des modèles de l'emploi québécois sur le modèle autorégressif

Modèles	Horizons (mois)								
	3	6	9	12	15	18	21	24	36
ADL	1.022	1.033	1.081	1.065	1.056	1.037	1.008	1.025	1.023
AAR-HOWE	1.012	1.012	1.029	0.993	0.984	0.986	0.999	0.995	1.008
AAR-OCDE	1.012	1.014	1.024	0.998	0.998	1.000	1.004	1.004	1.007
AAR-CP	0.970	0.973	0.975	0.949	0.976	1.000	1.001	1.000	1.006
	(PC55-R2)	(PC56-R1)	(PC56-R1)	(PC56-R2)	(PC56-R2)	(PC32-R1)	(PC32-R2)	(PC32-R2)	(PC56-R1)
AR-kNN	1.104	1.002	1.037	1.206	1.076	1.062	1.067	1.063	1.043
AAR-kNN	1.030	0.960	1.015	1.143	1.058	1.050	1.067	1.036	1.050
ADL-kNN	1.028	0.955	1.043	1.171	1.067	1.064	1.070	1.037	1.048

Les valeurs minimales pour chaque horizon sont en gras. Aux horizons 3 à 12 mois, le meilleur modèle est AAR-CP, donc le modèle autorégressif augmenté par la probabilité de récession estimée au préalable par le modèle probit avec des composantes principales des 54 écarts de rendement.³ La seule exception est le modèle ADL-kNN pour l'horizon de 6 mois. À plus long terme, le meilleur modèle s'avère en général AAR utilisant les probabilités de récession entraînées sur les dates du C.D. Howe. Les améliorations par rapport au modèle de référence AR ne sont pas substantielles. À court terme elles sont au maximum de 5%, et moins de 2% dans le cas des horizons plus longs. Ceci n'est pas surprenant. Leroux *et al.* (2016) avait également trouvé que le taux de croissance d'emploi est une série très difficile à prévoir.

3. Les codes des combinaisons de composantes principales et de vecteur de récession sont disponibles en annexe A.

Les résultats pour le taux de croissance d’emploi canadien, présentés dans le tableau 2, sont semblables. Le modèle AAR-CP montre une bonne performance à court terme, tandis que la version AAR-Howe fait le mieux à plus long terme. Les améliorations en terme d’erreur quadratique sont plus grandes que dans le cas canadien, jusqu’à 11.5% pour l’horizon d’un an et proche de 10% à court terme.

Tableau 2 – Ratio d’erreur quadratique moyenne des modèles de l’emploi canadien sur le modèle autorégressif

Modèles	Horizons (mois)								
	3	6	9	12	15	18	21	24	36
ADL	1.029	1.103	1.170	1.219	1.191	1.146	1.063	1.039	1.094
AAR-HOWE	1.012	1.019	1.010	0.980	0.952	0.954	0.983	0.995	1.022
AAR-OCDE	1.015	1.036	1.020	0.992	0.977	0.987	0.997	1.003	1.022
AAR-CP	0.906	0.910	0.905	0.885	0.951	0.989	0.977	0.998	1.010
	(PC55-R2)	(PC55-R2)	(PC55-R2)	(PC55-R2)	(PC56-R2)	(PC62-R1)	(PC62-R1)	(PC31-R2)	(PC40-R2)
AR-kNN	1.126	1.109	1.116	1.142	1.147	1.155	1.132	1.129	1.284
AAR-kNN	0.951	0.952	1.007	0.975	1.012	1.141	1.082	1.135	1.333
ADL-kNN	0.943	0.934	1.007	0.951	1.032	1.187	1.147	1.268	1.365

Les modèles font beaucoup mieux que la référence autorégressive dans le cas des taux de chômage. Le tableau 3 montre les résultats pour la variable québécoise. Le modèle AAR-CP domine de façon uniforme sur tous les horizons. De plus, la meilleure spécification en terme de combinaison des composantes principales et des vecteurs des dates de récession est plutôt stable : première et cinquième CPs, ou seulement première, avec les dates de l’OCDE. Les améliorations par rapport au modèle de référence sont substantielles.

Le tableau 4 présente les résultats pour le taux de chômage canadien. Pour les horizons de 3, 6, 9, 12 et 36 mois en avance, c’est encore le modèle AAR-CP qui en sort gagnant. La spécification préférée contient les composantes principales 1, 3 et 6, tandis que le modèle probit est entraîné sur les dates de l’OCDE. Les améliorations par rapport au modèle de référence sont très grandes, surtout à partir de l’horizon de 12 mois. Par contre, pour les longs horizons, on remarque que le modèle référence produit des prévisions biaisées, voir par

Tableau 3 – Ratio d’erreur quadratique moyenne des modèles du taux de chômage québécois sur le modèle autorégressif

Modèles	Horizons (mois)								
	3	6	9	12	15	18	21	24	36
ADL	0.994	0.998	1.073	1.125	1.149	1.139	1.067	0.998	0.844
AAR-HOWE	0.964	0.895	0.810	0.743	0.658	0.592	0.561	0.539	0.463
AAR-OCDE	0.981	0.932	0.876	0.818	0.735	0.662	0.614	0.582	0.464
AAR-CP	0.857	0.703	0.614	0.507	0.438	0.395	0.509	0.396	0.434
	(PC30-R2)	(PC30-R2)	(PC30-R2)	(PC30-R2)	(PC30-R2)	(PC30-R2)	(PC32-R2)	(PC32-R2)	(PC32-R2)
AR-kNN	1.136	1.129	1.191	1.130	1.069	1.076	1.180	1.240	1.022
AAR-kNN	0.997	0.884	0.768	0.689	0.490	0.519	0.614	0.601	0.459
ADL-kNN	1.054	1.096	1.290	1.231	1.119	1.075	0.996	1.006	0.613

exemple la Figure 26 dans l’Annexe B. ⁴

Tableau 4 – Ratio d’erreur quadratique moyenne des modèles du taux de chômage canadien sur le modèle autorégressif

Modèles	Horizons (mois)								
	3	6	9	12	15	18	21	24	36
ADL	1.052	1.134	1.284	1.403	1.500	1.546	1.483	1.379	1.206
AAR-HOWE	0.950	0.893	0.824	0.746	0.657	0.572	0.512	0.473	0.368
AAR-OCDE	0.965	0.916	0.862	0.780	0.686	0.607	0.544	0.503	0.368
AAR-CP	0.823	0.702	0.719	0.650	0.661	0.641	0.520	0.495	0.232
	(PC23-R2)	(PC23-R2)	(PC23-R2)	(PC23-R2)	(PC31-R1)	(PC31-R1)	(PC18-R1)	(PC22-R1)	(PC29-R2)
AR-kNN	1.021	1.015	1.013	1.062	1.047	1.072	1.087	1.075	1.069
AAR-kNN	0.922	1.038	1.031	0.888	0.801	0.783	0.618	0.555	0.368
ADL-kNN	1.060	1.370	1.168	1.184	1.154	1.182	1.790	1.746	2.144

Enfin, nous présentons les résultats pour les séries trimestrielles. Le tableau 5 rapporte les comparaisons de performance prédictive dans le cas du taux de croissance du PIB du Québec. Le meilleur modèle s’avère ADL affichant les plus grandes améliorations, jusqu’à 14.5% par rapport à AR, aux horizons 2 et 3 trimestres en avance. Il se montre très résilient à travers les horizons. ⁵

Dans le cas du PIB canadien, le tableau 6, le modèle ADL sort encore souvent gagnant

4. Il est possible qu’un modèle autorégressif standard, où la prévision est construite de façon itérative, aurait fait mieux pour les horizons longs dans le cas d’une série temporelle comme le taux de chômage. Par contre, nous avons choisi la spécification directe pour être comparable avec les autres modèles de prévision.

5. Sauf pour long terme de 11 et 12 trimestres où il est battu par AAR-CP et AAR-kNN respectivement. Comme dans le cas du taux de chômage québécois, il faut prendre les résultats pour les longs horizons avec un grain de sel puisque le modèle de référence produit des prévisions de plus en plus biaisées avec l’horizon.

Tableau 5 – Ratio d’erreur quadratique moyenne des modèles du PIB québécois sur le modèle autorégressif

Modèles	Horizons (trimestre)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADL	0.951	0.855	0.871	0.911	0.994	0.970	0.935	0.957	0.907	0.972	0.959	0.987
AAR-HOWE	0.982	0.976	1.098	1.081	1.113	1.054	1.118	1.013	1.014	1.002	1.012	1.045
AAR-OCDE	1.003	0.994	1.075	1.070	1.183	1.048	1.082	1.022	0.996	0.994	1.013	1.047
AAR-CP	1.057	0.996	1.047	1.172	1.232	1.093	1.082	1.118	1.013	1.040	0.951	0.997
	(PC3-R2)	(PC4-R2)	(PC2-R1)	(PC4-R2)	(PC4-R2)	(PC4-R1)	(PC4-R1)	(PC4-R1)	(PC4-R2)	(PC2-R2)	(PC2-R2)	(PC2-R2)
AR-kNN	1.133	1.064	1.105	1.320	1.216	1.246	1.321	1.224	0.922	1.431	1.174	1.366
AAR-kNN	1.082	1.143	1.117	1.458	1.334	1.321	1.472	1.357	1.074	1.501	1.232	0.978
ADL-kNN	1.297	1.392	1.631	1.680	1.401	1.804	1.123	1.888	1.269	1.556	1.449	1.888

mais il est suivi de près par deux spécifications du modèle AAR. À l’horizon d’un trimestre, équivalent à la prévision de la période courante (nowcasting) puisque le PIB est observé avec un trimestre de retard, l’ajout de la probabilité de récession entraînée sur les dates de l’OCDE améliore la prévision du modèle autorégressif de 15.5%. Le raffinement du modèle AAR avec les composantes principales gagne la course aux horizons de 5, 11 et 12 trimestres, avec les diminutions de l’erreur quadratique moyenne d’au maximum 8%.

Tableau 6 – Ratio d’erreur quadratique moyenne des modèles du PIB canadien sur le modèle autorégressif

Modèle	Horizons (trimestre)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ADL	0.896	0.826	0.812	0.897	0.958	0.962	0.935	0.968	0.950	0.947	0.963	0.996
AAR-HOWE	0.854	0.879	0.943	0.954	0.966	1.033	1.020	1.009	1.004	0.990	1.008	1.007
AAR-OCDE	0.845	0.840	0.877	0.937	1.018	1.029	0.992	1.001	0.983	0.976	1.008	1.010
AAR-CP	1.102	1.038	0.887	1.083	0.955	1.075	1.115	1.155	1.073	1.032	0.939	0.921
	(PC3-R2)	(PC3-R1)	(PC2-R1)	(PC1-R1)	(PC6-R1)	(PC1-R1)	(PC1-R1)	(PC4-R1)	(PC4-R2)	(PC2-R2)	(PC2-R2)	(PC3-R1)
AR-kNN	1.240	1.831	1.469	1.334	1.174	1.316	1.170	1.319	1.633	1.005	1.182	1.172
AAR-kNN	1.263	1.645	1.335	1.305	1.237	1.396	1.254	1.341	1.641	1.316	1.245	1.243
ADL-kNN	1.301	1.880	1.858	1.939	1.341	2.860	1.902	1.704	1.288	1.135	1.237	1.571

6 Prévisions actuelles

Dans cette section nous présentons les prévisions des six variables pour les trois prochaines années. Nous utilisons les dernières observations disponibles et produisons les prévisions avec le meilleur modèle pour chaque horizon. Par exemple, la figure 3 montre le récent historique

du taux de croissance de l'emploi québécois suivi des prévisions entre juin 2018 et juin 2020. Ici, nous utilisons les meilleurs modèles de l'exercice historique précédent pour construire les prévisions représentées par asterisk dans la figure. Ces fins de trimestre sont simplement reliées ensuite pour montrer l'évolution de la prévision. La prévision de l'emploi au Québec tend vers 2% en taux de croissance annualisé. L'ajustement à la hausse depuis mai 2018 prend environ un an et demi. La figure 4 montre l'évolution proposée pour le taux de croissance annualisé canadien. Comme récemment il est proche de la moyenne historique, la prévision reste très stable et proche de 2%.

Les figures 5 et 6 montrent les prévisions hors échantillon pour les deux taux de chômage. Dans les deux cas, à long terme les modèles prévoient un retour à la moyenne.⁶ Par contre, les modèles AAR sont optimistes pour la prochaine année et prévoient les taux de chômage encore très bas, autour de 5.6% pour le Québec et 6% pour le Canada.

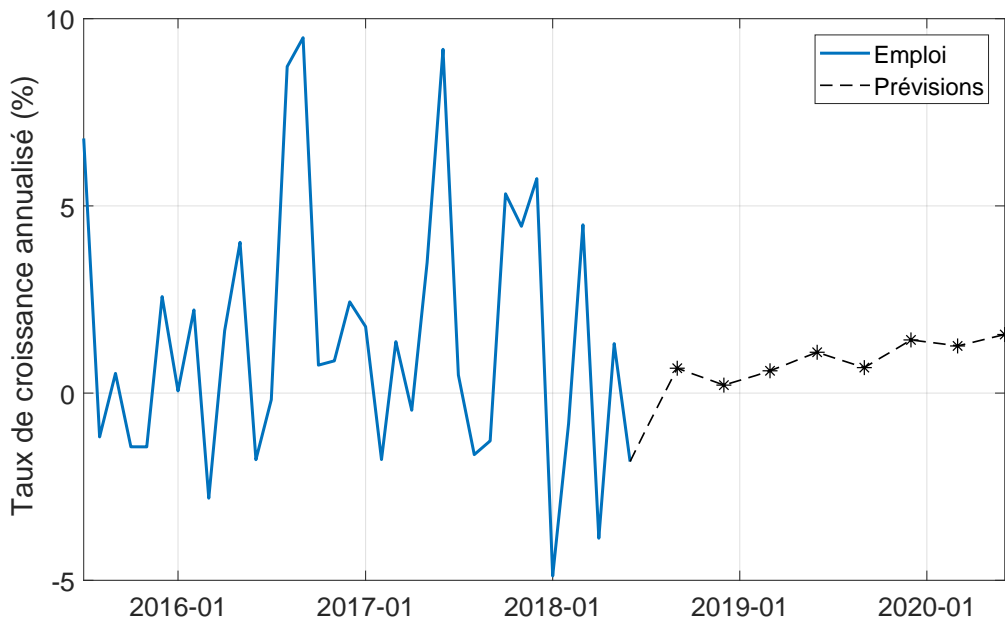


FIGURE 3 – Prévisions de l'emploi québécois

6. Il faut noter ici que ces modèles ne sont pas structurels, au sens économique, alors il ne faut pas interpréter la prévision de long terme autrement que le simple retour à moyenne historique de la variable cible.

Finalement, les figures 7 et 8 rapportent la prévision des deux séries de taux de croissance annualisé du PIB réel. Pour le Québec, on prévoit des petites oscillations autour de 2%, tandis que la prévision est un peu plus optimiste pour le Canada avec les taux de 3% jusqu'à 2020.

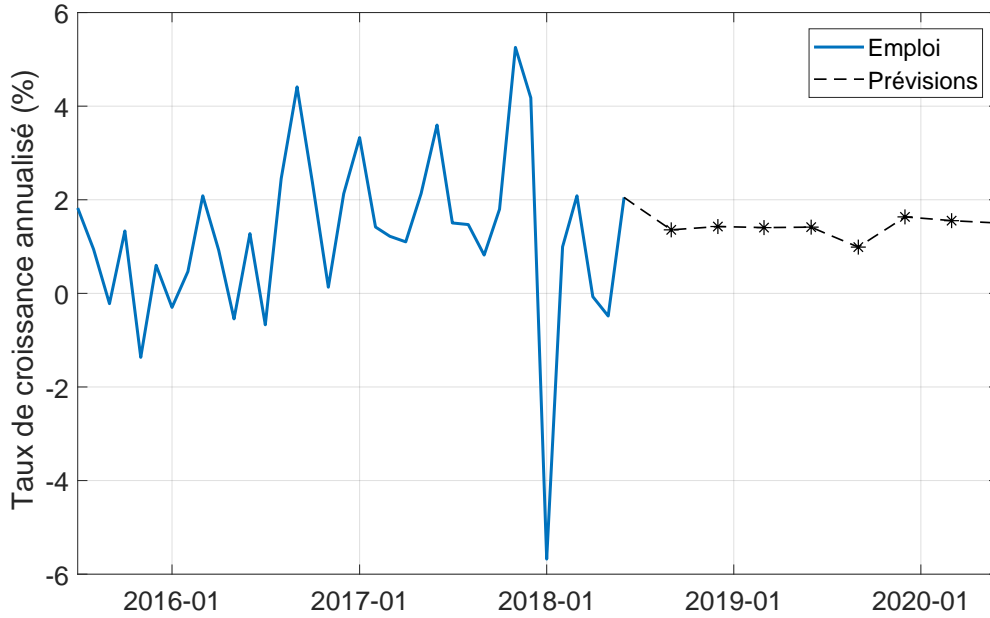


FIGURE 4 – Prévisions de l'emploi canadien

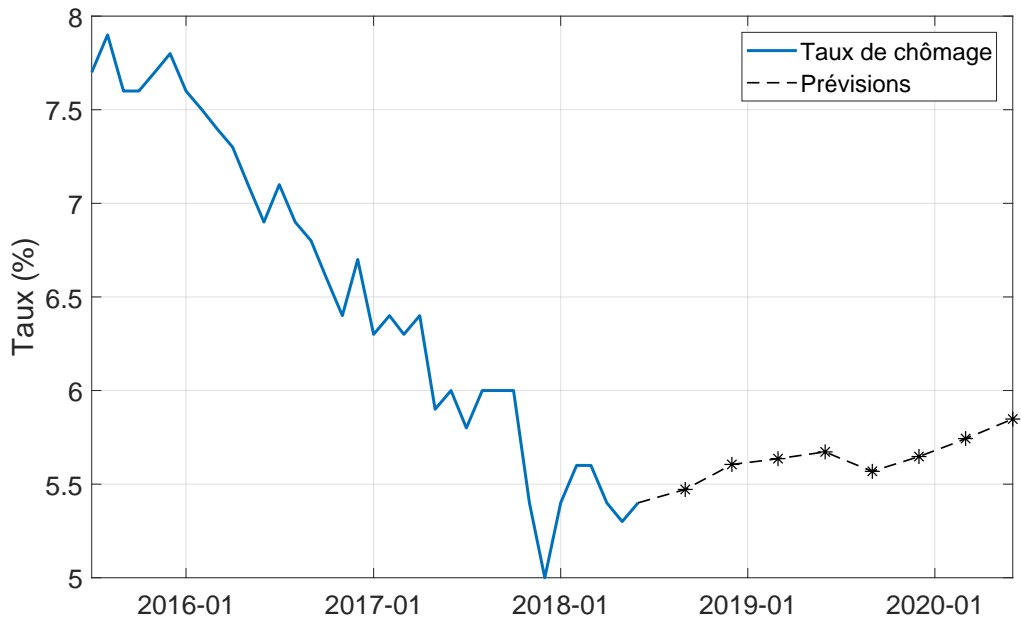


FIGURE 5 – Prévisions du taux de chômage québécois

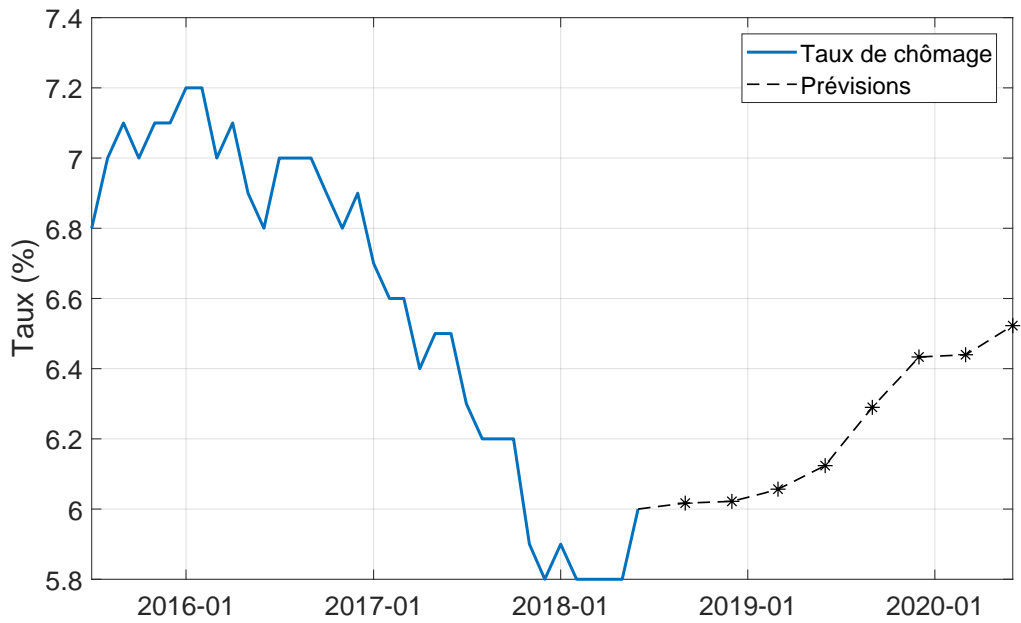


FIGURE 6 – Prévisions du taux de chômage canadien

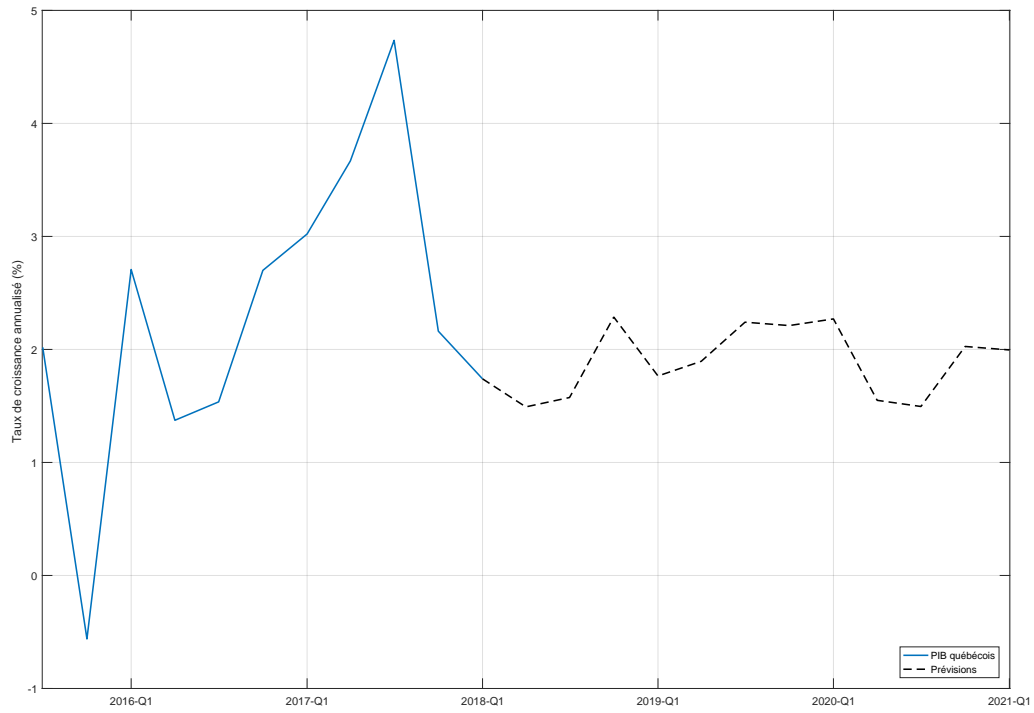


FIGURE 7 – Prévisions du PIB québécois

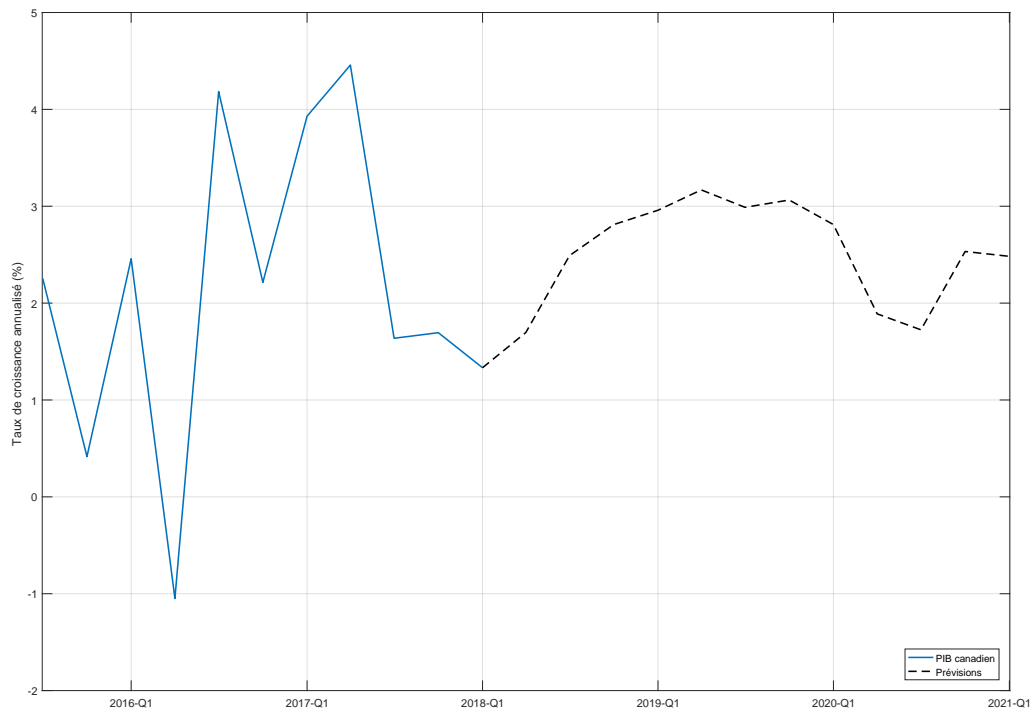


FIGURE 8 – Prévisions du PIB canadien

7 Conclusion

Le but de cette recherche est d'améliorer les prévisions de l'activité économique en temps de crise. Les méthodes proposées sont le modèle autorégressif augmenté de Kotchoni et Stevanovic (2016), et la correction par les k plus proches voisins de Guerron-Quintana et Zhong (2017). La probabilité de récession est modélisée par un probit statique avec comme indicateurs exogènes les pentes de la courbe de rendements.

Trois variables, canadiennes et québécoises, sont prévues dans cet exercice, soit l'emploi, le taux de chômage et le PIB réel. Dans le cas du taux de croissance d'emploi, la meilleure méthodologie s'avère le modèle autorégressif augmenté par la probabilité de récession. Les améliorations par rapport au modèle autorégressif vont jusqu'à 11.5% en terme de l'erreur quadratique moyenne de la prévision en pseudo hors échantillon.

Lors de la prévision du taux de chômage, le meilleur modèle a été AAR combinant les composantes principales extraites de l'ensemble des écarts de taux. Les améliorations sont substantielles. Finalement, dans le cas du PIB, c'est le modèle standard, autorégressif à retards échelonnés qui sort gagnant la plupart du temps, suivi par le modèle AAR. La méthodologie des k plus proches voisins, bien qu'elle améliore souvent la prévision d'un modèle, a été rarement couronnée gagnante dans cette course.

Cette exercice a été réalisée sur les données historiques qui ont subit les révisions. Il serait intéressant d'évaluer les prévisions dans un exercice en temps réel. Ceci devrait avantager les méthodes AAR et kNN puisque les révisions sont souvent majeures durant les récessions et ceci aurait pu profiter aux modèles standards dans notre étude. Par contre, les données en temps réel commencent à peine à être disponibles au Canada et il faudra attendre que les séries temporelles assez longues soient mises à disposition avant de pouvoir effectuer un tel exercice.

Une option pour parfaire les résultats du modèle AAR est d'améliorer la prévision de la

probabilité de récession par un modèle probit dynamique comme celui développé par Hao et Ng (2011), ou encore par un modèle Logit Lasso utilisé dans Fortin-Gagnon *et al.* (2018).

Bibliographie

- Bernard, H. et Gerlach, S. (1998). Does the Term Structure Predict Recessions? The International Evidence. *International Journal of Finance & Economics*, 3(3), 195–215.
- Chauvet, M., Potter, S. *et al.* (2013). Forecasting output. *Handbook of Economic Forecasting*, 2(Part A), 141–194.
- Clinton, K. (1995). The term structure of interest rates as a leading indicator of economic activity : A technical note. *Bank of Canada Review*, 1994(Winter), 23–40.
- Cross, P. et Bergevin, P. (2012). *Turning Points : Business Cycles in Canada since 1926*. Rapport technique 366, C.D. Howe Institute, Vancouver, British Columbia.
- Estrella, A. et Mishkin, F. S. (1996). The yield curve as a predictor of us recessions.
- Fortin-Gagnon, O., Leroux, M., Stevanovic, D. et Surprenant, S. (2018). *A Large Canadian Database for Macroeconomic Analysis*. Rapport technique, Department of Economics, UQAM.
- Goodwin, T. H. (1993). Business-Cycle Analysis with a Markov-Switching Model. *Journal of Business & Economic Statistics*, 11(3), 331–339.
- Guerron-Quintana, P. et Zhong, M. (2017). *Macroeconomic Forecasting in Times of Crises*. Finance and Economics Discussion Series 2017-018, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.)

- Hao, L. et Ng, E. C. (2011). Predicting canadian recessions using dynamic probit modeling approaches. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économie*, 44(4), 1297–1330.
- Kotchoni, R. et Stevanovic, D. (2016). *Forecasting U.S. Recessions and Economic Activity*. CIRANO Working Papers 2016s-36, CIRANO
- Kundan, K. N. (2010). *The Superiority of Greenbook Forecasts and the Role of Recessions*. Rapport technique.
- Leroux, M., Kotchoni, R. et Stevanovic, D. (2016). *Prévision de l'activité économique au Québec*. Rapport de projet 2016RP-08, CIRANO
- Stock, J. H. et Watson, M. W. (2002). Macroeconomic forecasting using diffusion indexes. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(2), 147–162.
- Taieb, S. B. et Hyndman, R. J. (2012). *Recursive and direct multi-step forecasting : the best of both worlds*. Rapport technique.

A Annexe I

Codes des différentes combinaisons de composantes principales

Code	Composante principale					
	1	2	3	4	5	6
PC1	1	1	1	1	1	1
PC2	1	1	1	1	1	
PC3	1	1	1	1		1
PC4	1	1	1	1		
PC5	1	1	1		1	1
PC6	1	1	1		1	
PC7	1	1	1			1
PC8	1	1	1			
PC9	1	1		1	1	1
PC10	1	1		1	1	
PC11	1	1		1		1
PC12	1	1		1		
PC13	1	1			1	1
PC14	1	1			1	
PC15	1	1				1
PC16	1	1				
PC17	1		1	1	1	1
PC18	1		1	1	1	
PC19	1		1	1		1
PC20	1		1	1		
PC21	1		1		1	1
PC22	1		1		1	
PC23	1		1			1
PC24	1		1			
PC25	1			1	1	1
PC26	1			1	1	
PC27	1			1		1
PC28	1			1		
PC29	1				1	1
PC30	1				1	
PC31	1					1
PC32	1					
PC33		1	1	1	1	1
PC34		1	1	1	1	
PC35		1	1	1		1
PC36		1	1	1		
PC37		1	1		1	1
PC38		1	1		1	
PC39		1	1			1
PC40		1	1			
PC41		1		1	1	1
PC42		1		1	1	
PC43		1		1		1
PC44		1		1		
PC45		1			1	1
PC46		1			1	
PC47		1				1
PC48		1				
PC49			1	1	1	1
PC50			1	1	1	
PC51			1	1		1
PC52			1	1		
PC53			1		1	1
PC54			1		1	
PC55			1			1
PC56			1			
PC57				1	1	1
PC58				1	1	
PC59				1		1
PC60				1		
PC61					1	1
PC62					1	
PC63						1

Codes des différents vecteurs de récession

Code	Vecteur
R1	C.D. Howe
R2	OCDE

B Annexe II : Prédiction en pseudo hors échantillon

B.1 Prédiction des points de retournement

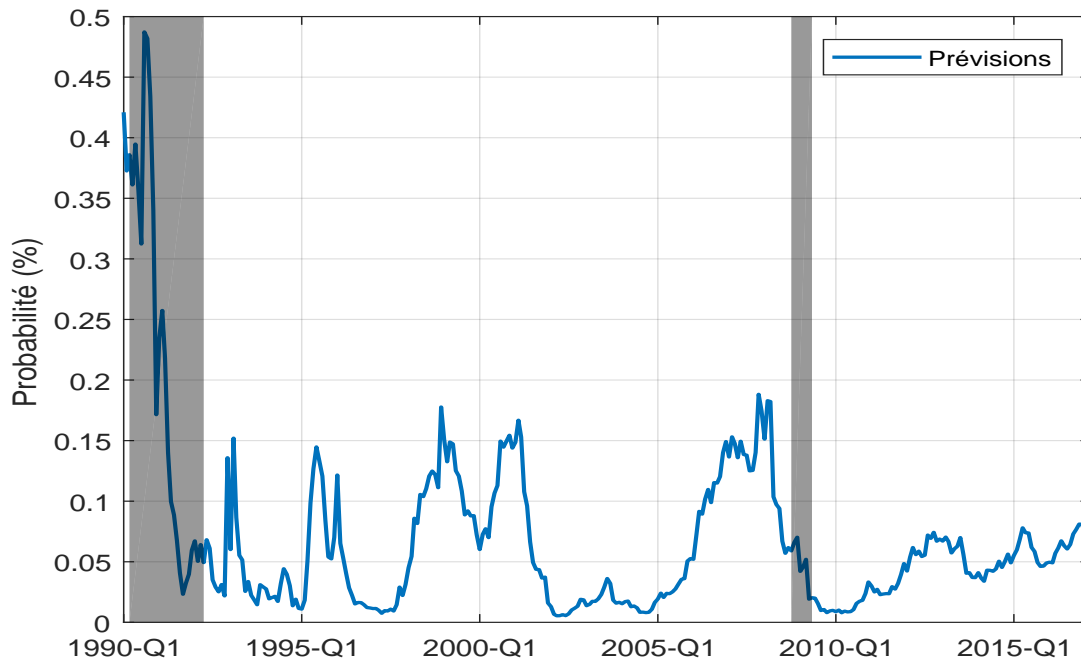


FIGURE 9 – Probabilité de récession 1 trimestre en avance avec dates CD Howe

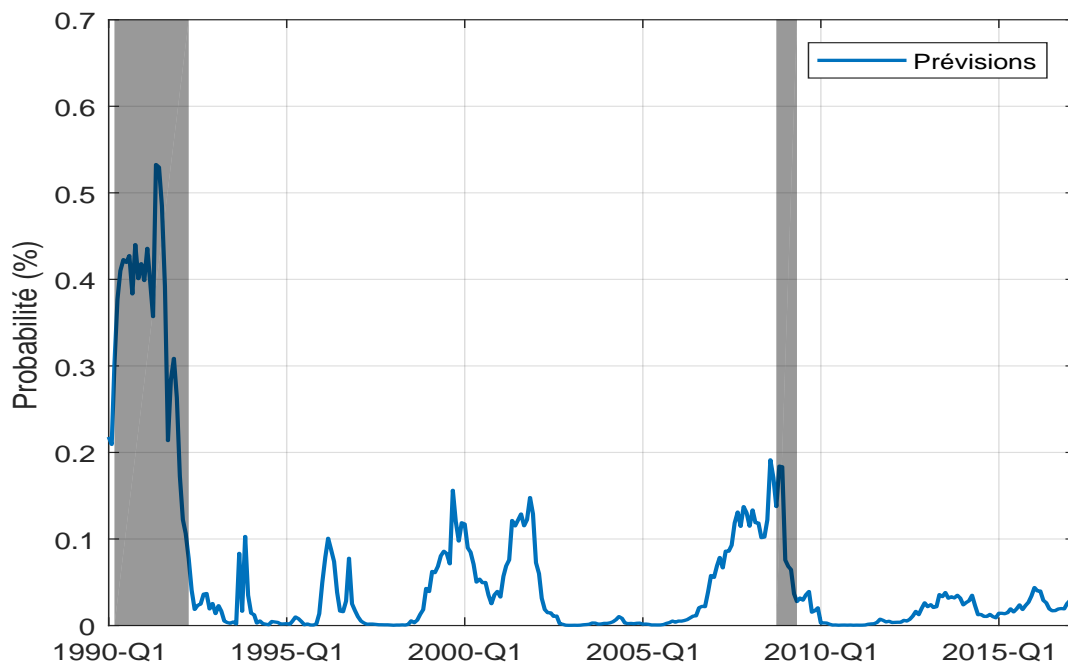


FIGURE 10 – Probabilité de récession 1 an en avance avec dates CD Howe

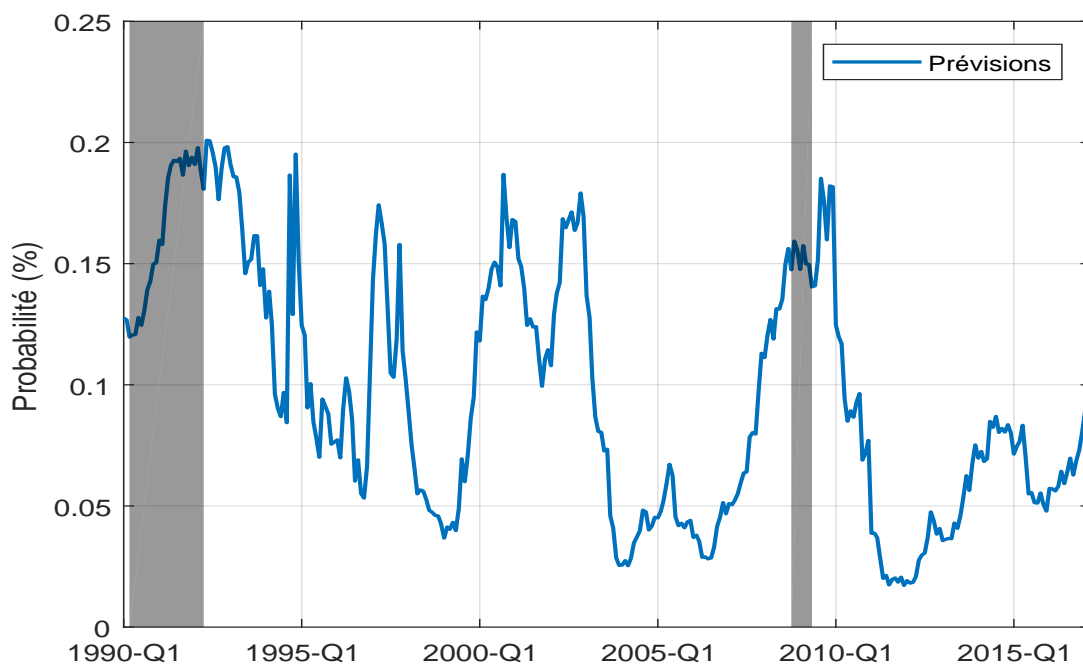


FIGURE 11 – Probabilité de récession 2 ans en avance avec dates CD Howe

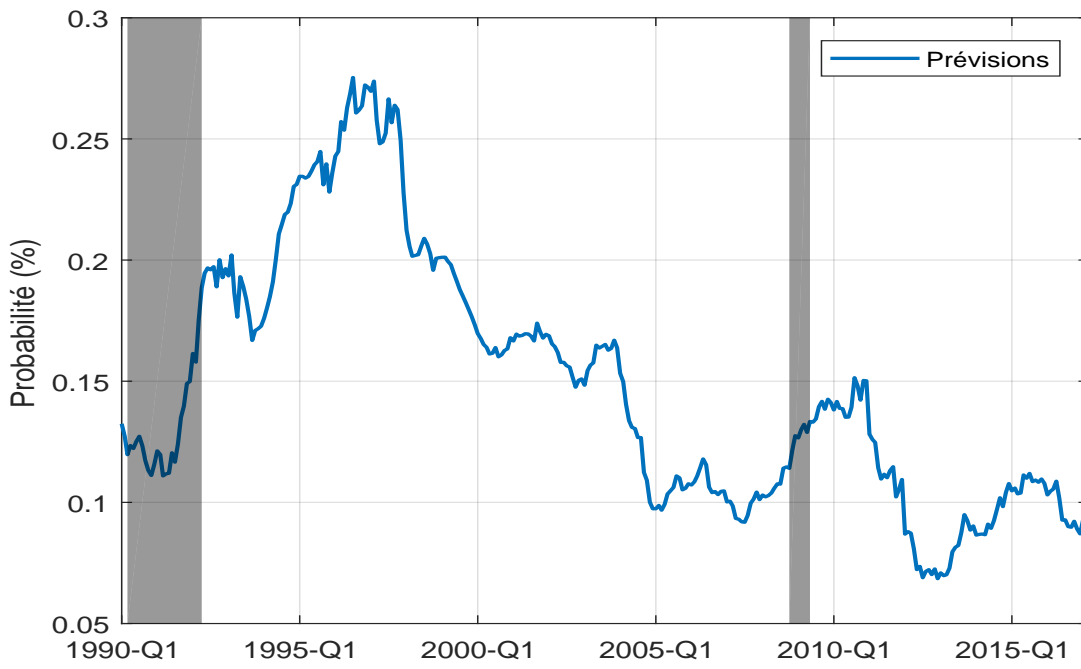


FIGURE 12 – Probabilité de récession 3 ans en avance avec dates CD Howe

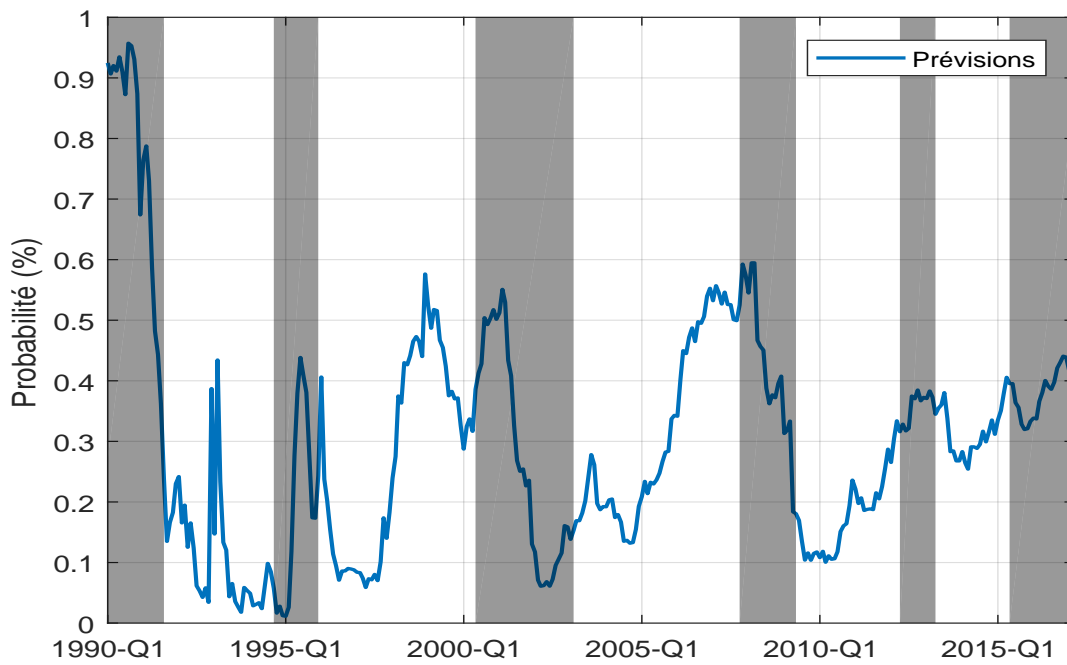


FIGURE 13 – Probabilité de récession 1 trimestre en avance avec dates OCDE

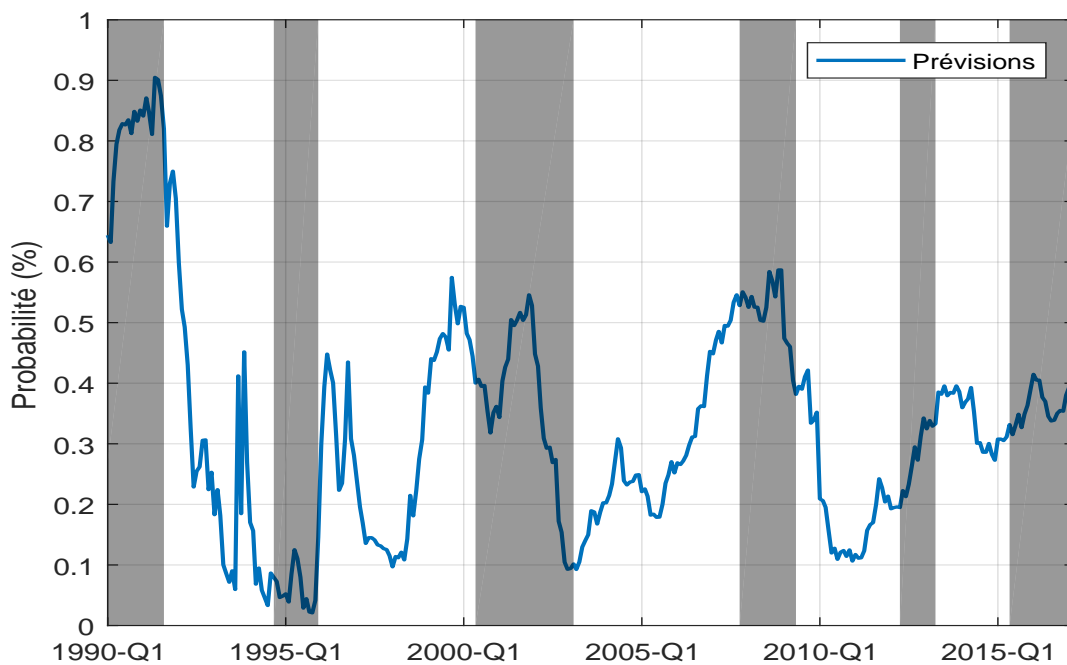


FIGURE 14 – Probabilité de récession 1 an en avance avec dates OCDE

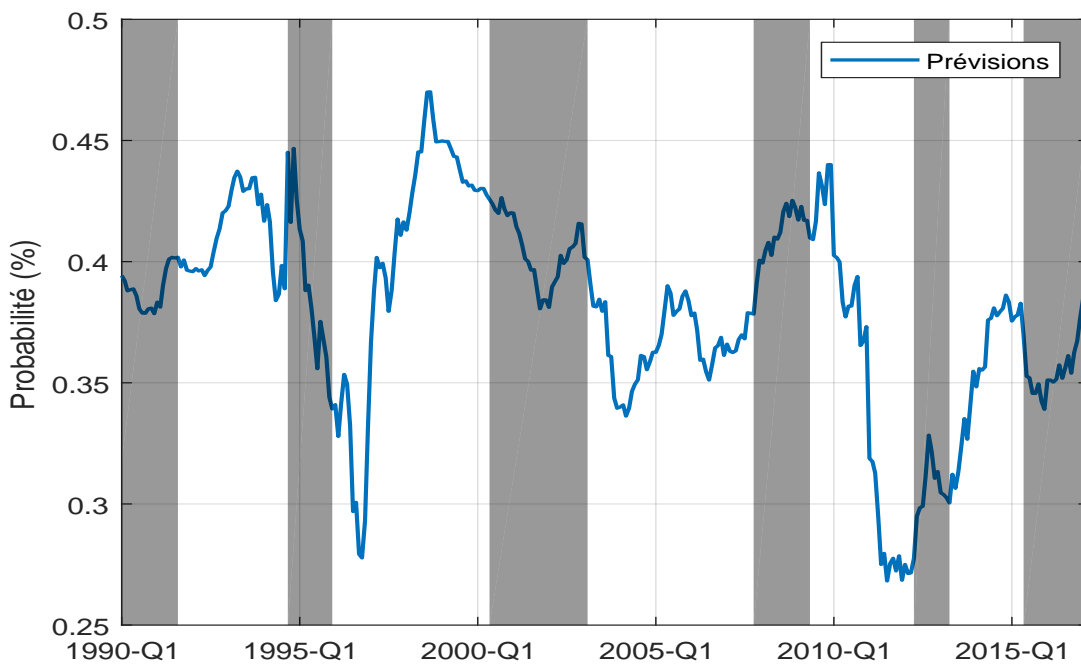


FIGURE 15 – Probabilité de récession 2 ans en avance avec dates OCDE

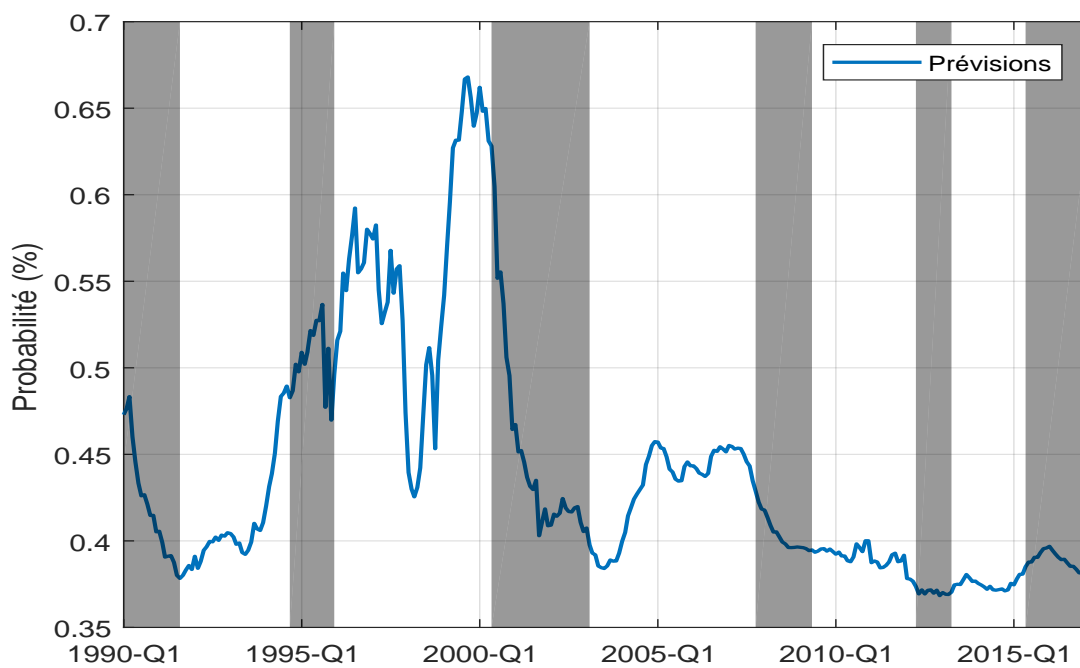


FIGURE 16 – Probabilité de récession 3 ans en avance avec dates OCDE

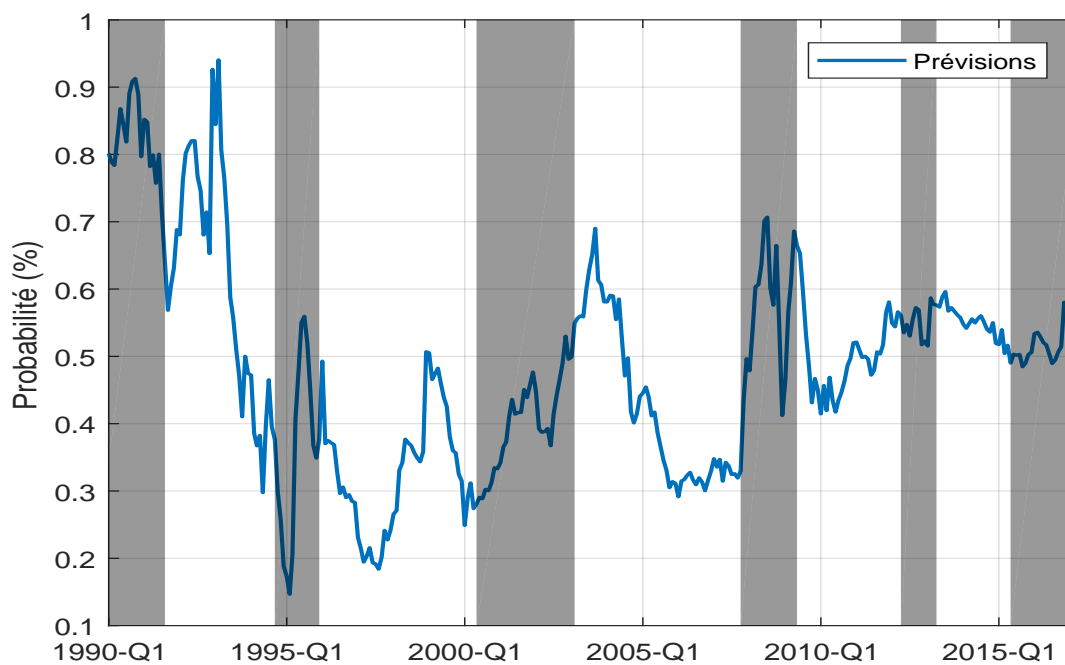


FIGURE 17 – Probabilité de récession avec composantes principales 1 trimestre en avance avec dates OCDE

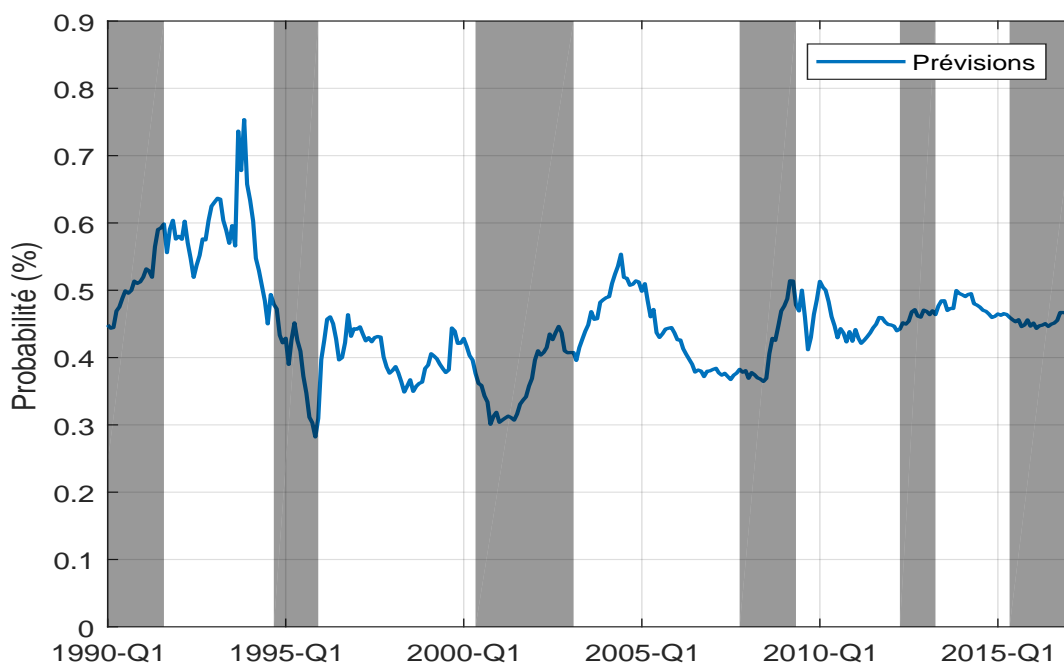


FIGURE 18 – Probabilité de récession avec composantes principales 1 an en avance avec dates OCDE

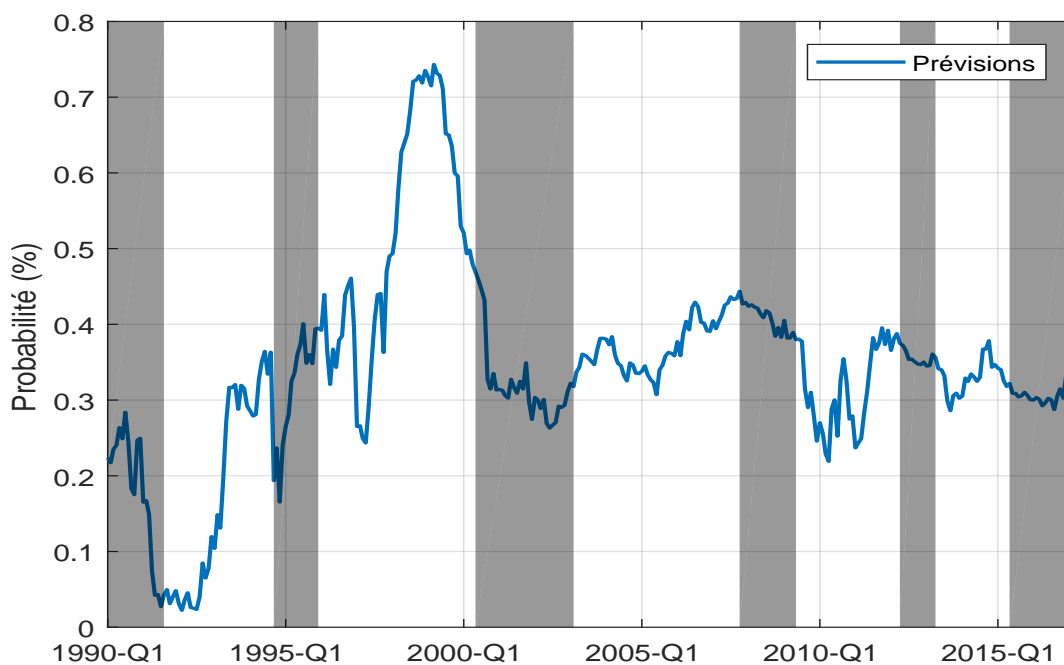


FIGURE 19 – Probabilité de récession avec composantes principales 2 ans en avance avec dates OCDE

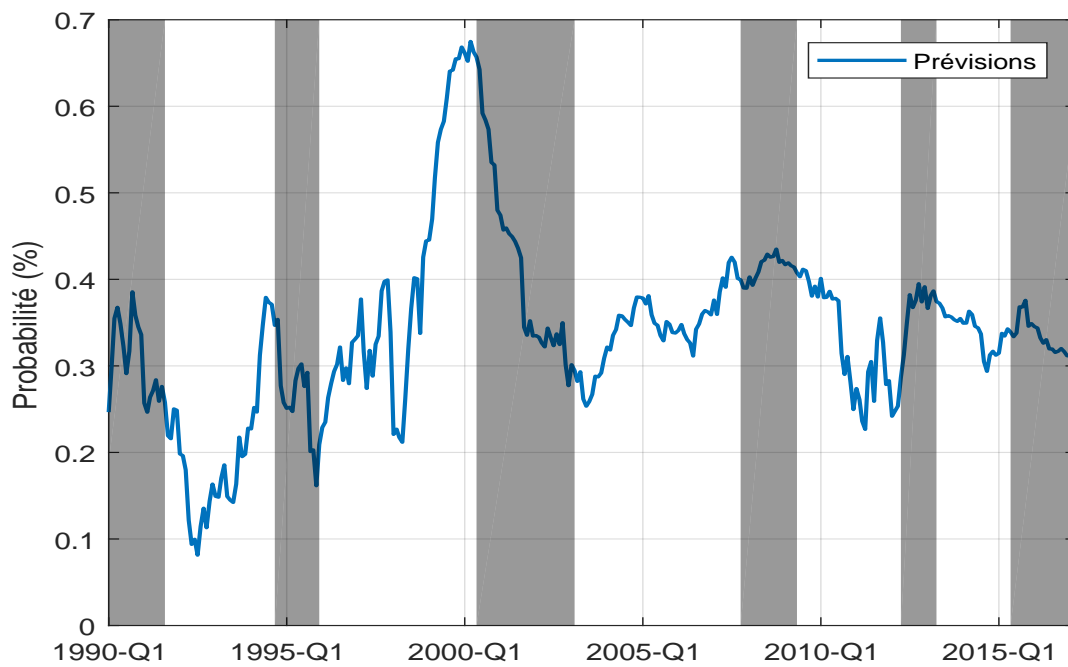


FIGURE 20 – Probabilité de récession avec composantes principales 3 ans en avance avec dates OCDE

B.2 Prédiction des variables macroéconomiques

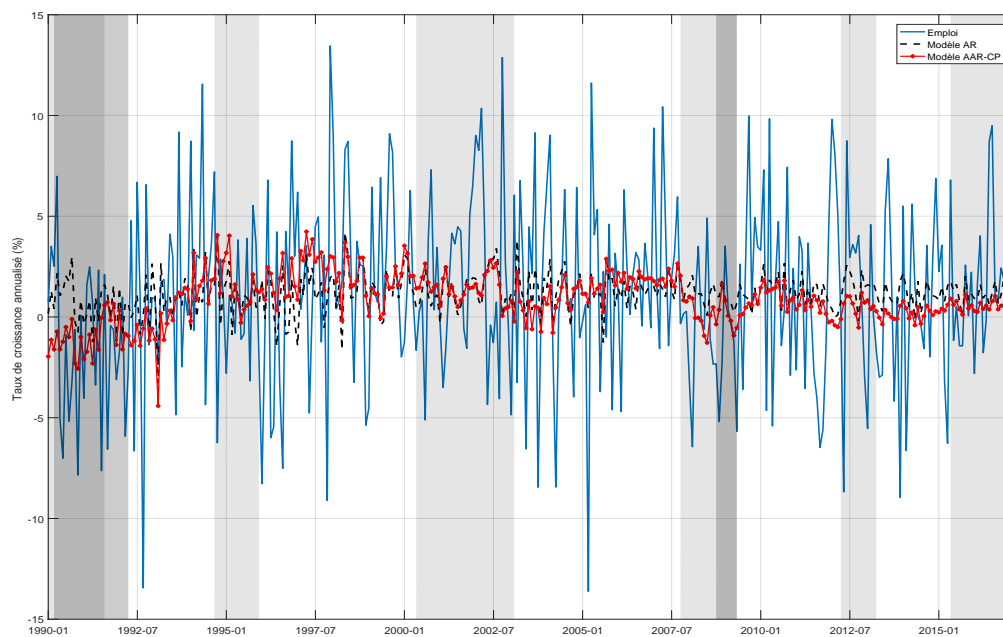


FIGURE 21 – Prévissions de l'emploi québécois 3 mois à l'avance

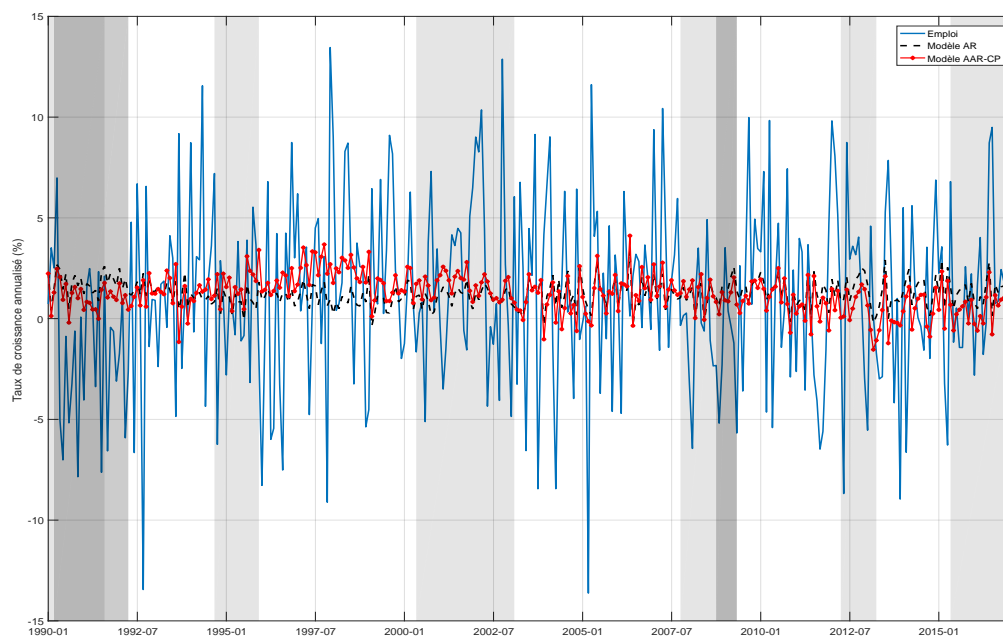


FIGURE 22 – Prévissions de l'emploi québécois 12 mois à l'avance

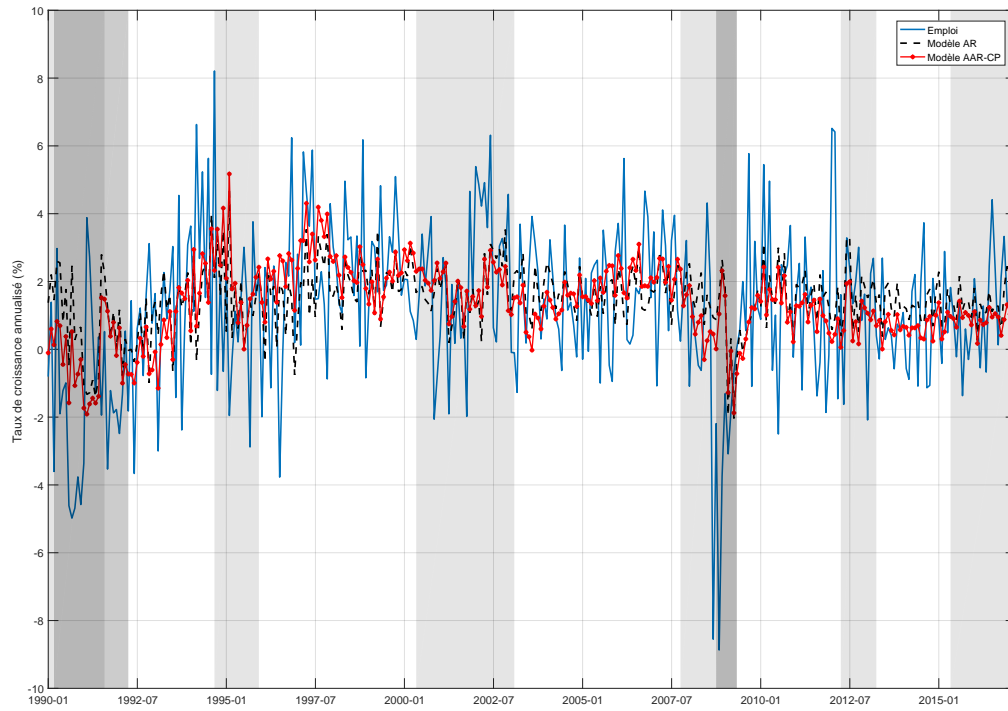


FIGURE 23 – Prévisions de l'emploi canadien 3 mois à l'avance

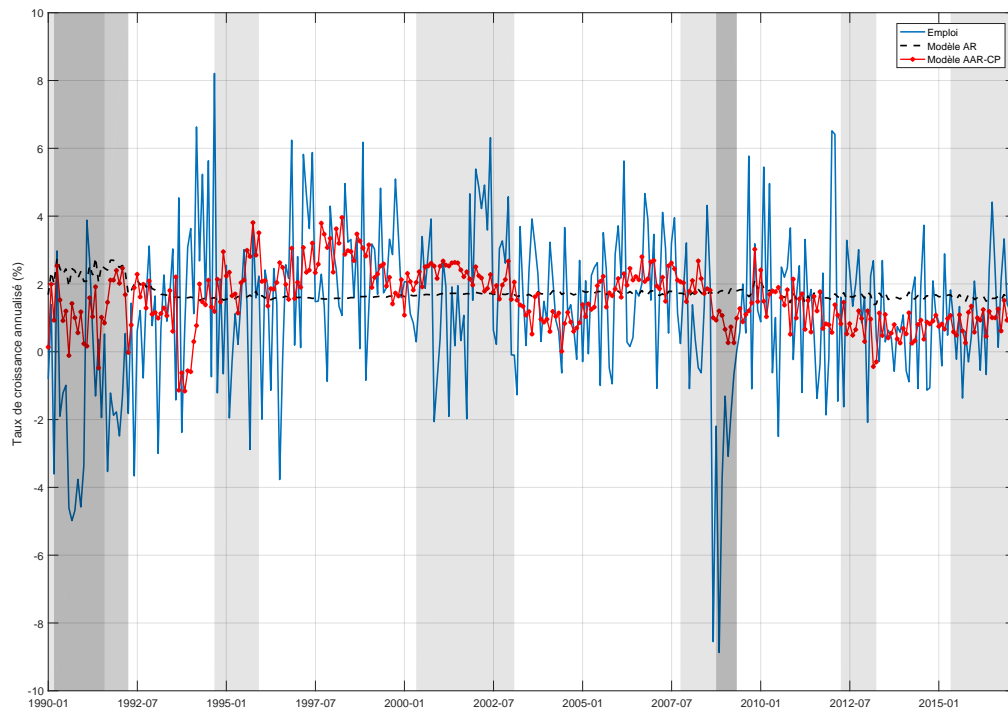


FIGURE 24 – Prévisions de l'emploi canadien 12 mois à l'avance

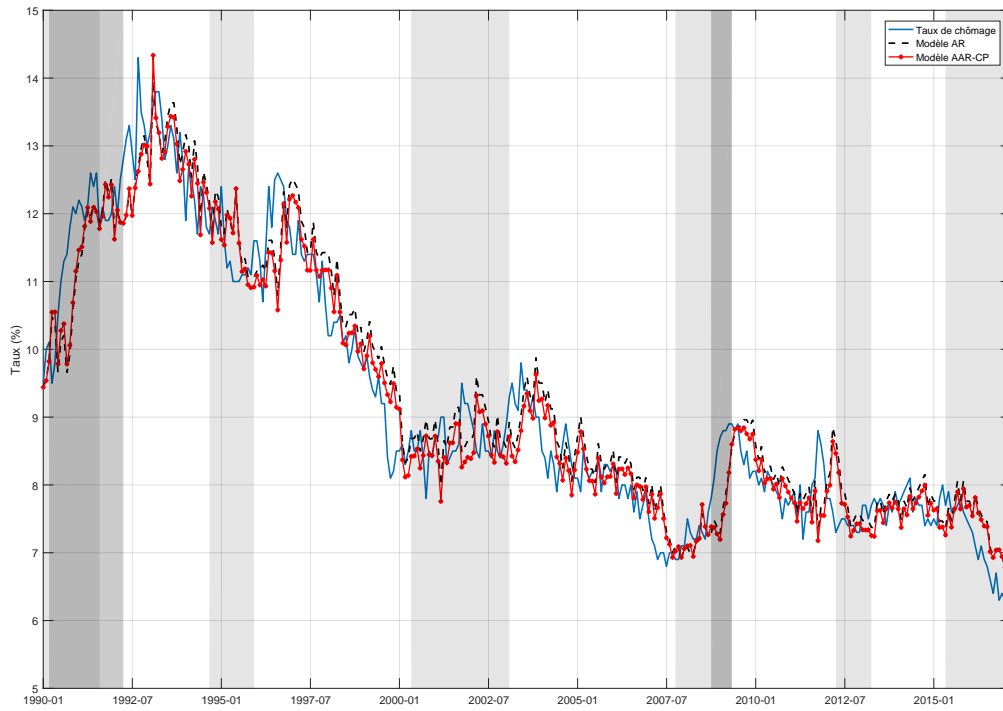


FIGURE 25 – Prévisions du taux de chômage québécois 3 mois à l’avance

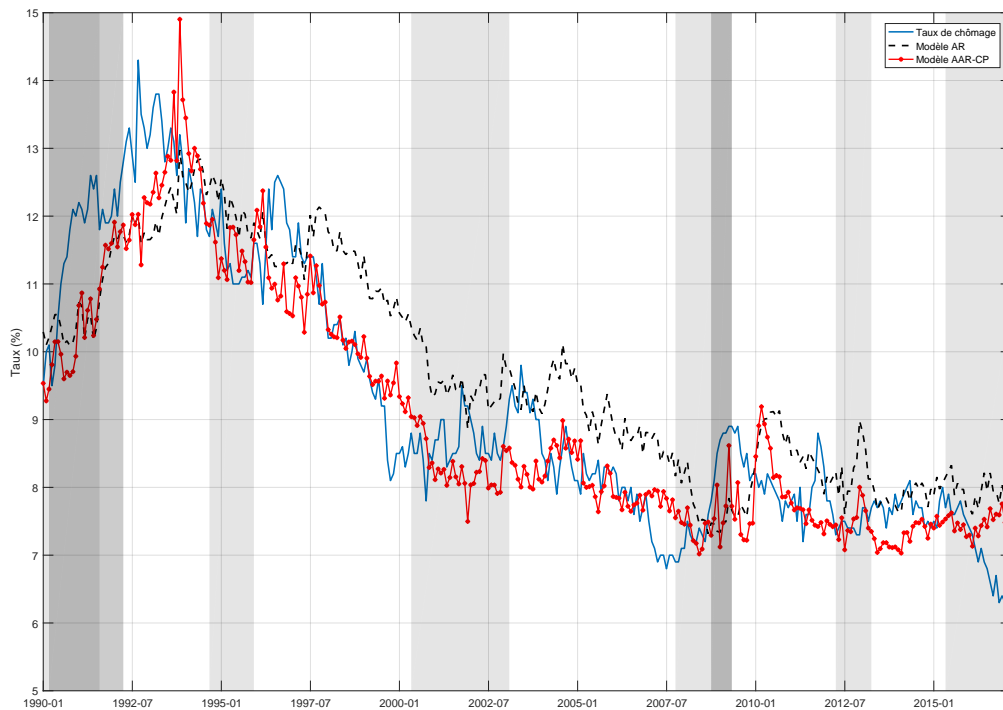


FIGURE 26 – Prévisions du taux de chômage québécois 12 mois à l’avance

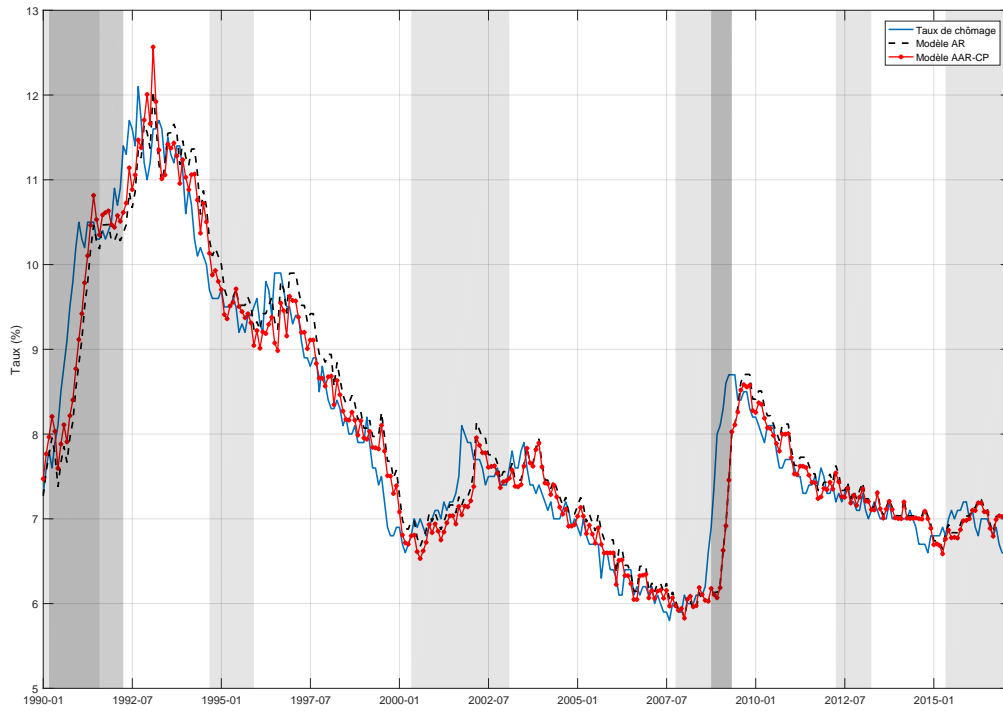


FIGURE 27 – Prévisions du taux de chômage canadien 3 mois à l'avance

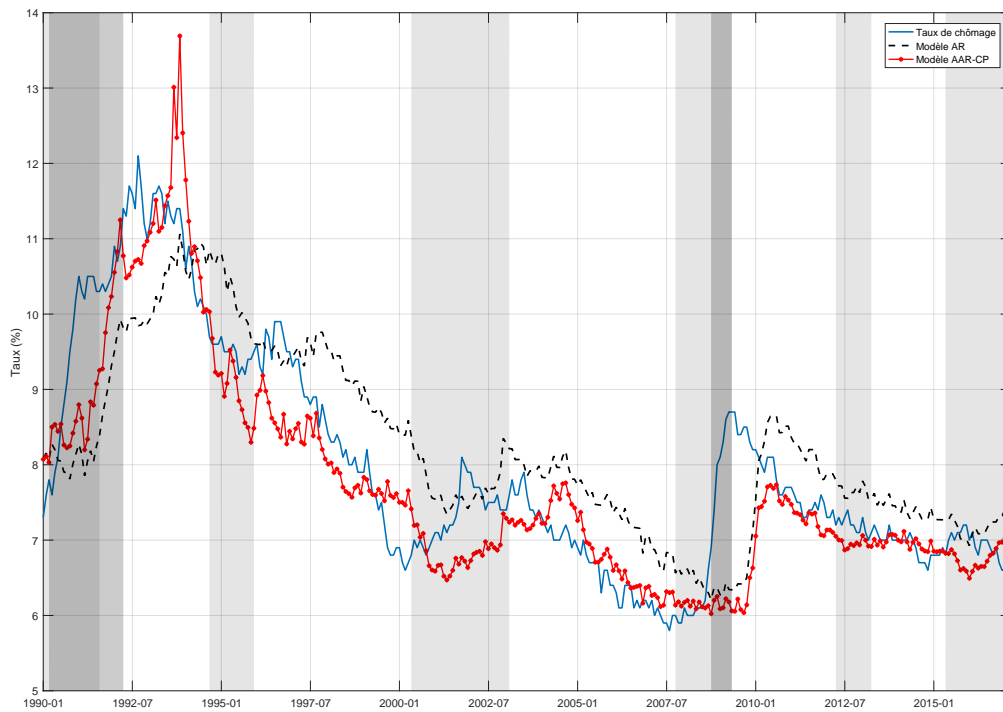


FIGURE 28 – Prévisions du taux de chômage canadien 12 mois à l'avance

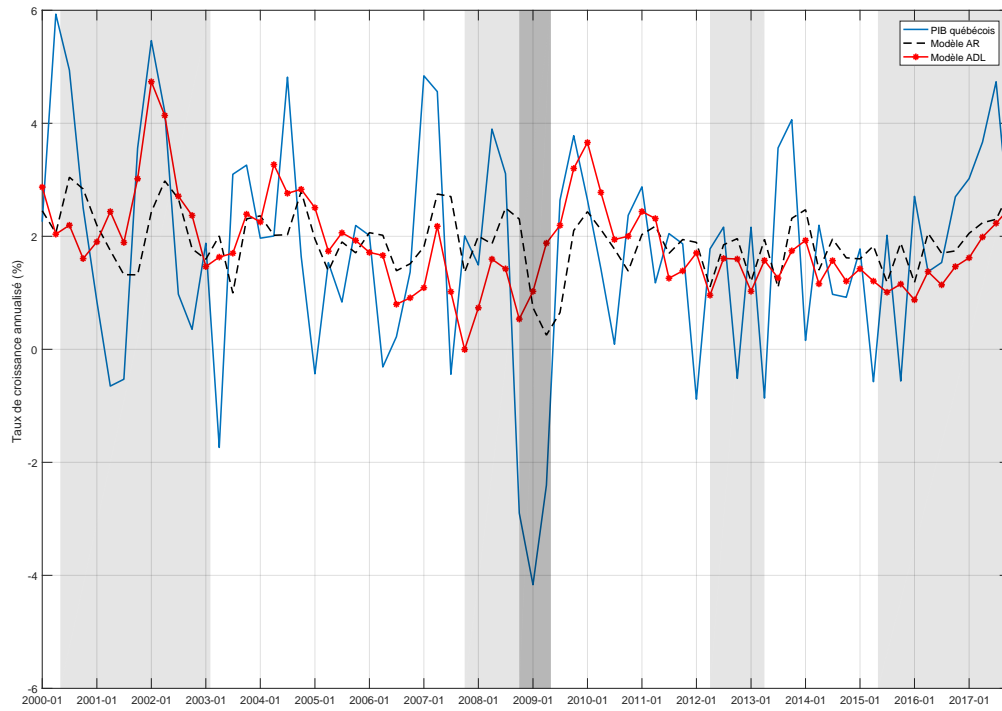


FIGURE 29 – Prévisions du PIB québécois un trimestre à l’avance

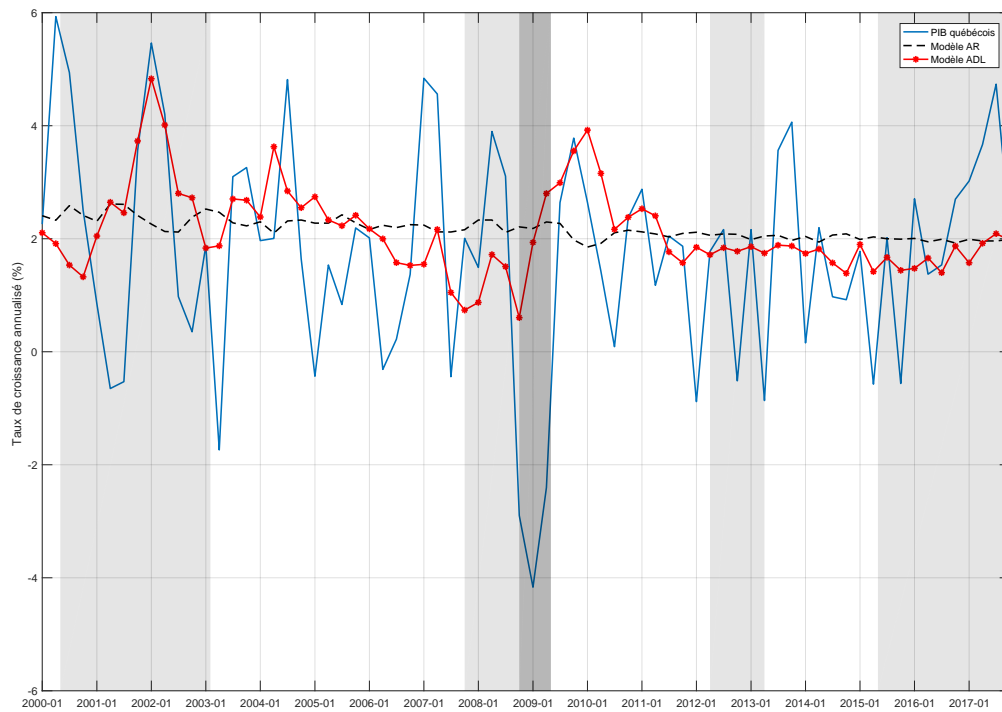


FIGURE 30 – Prévisions du PIB québécois quatre trimestre à l’avance

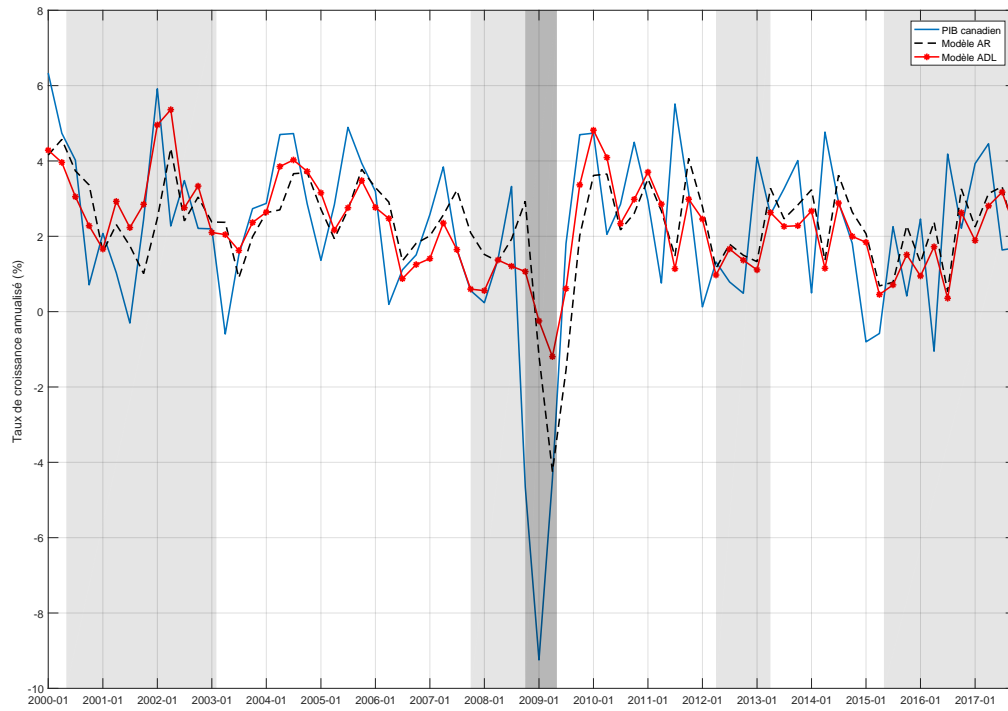


FIGURE 31 – Prévisions du PIB canadien un trimestre à l'avance

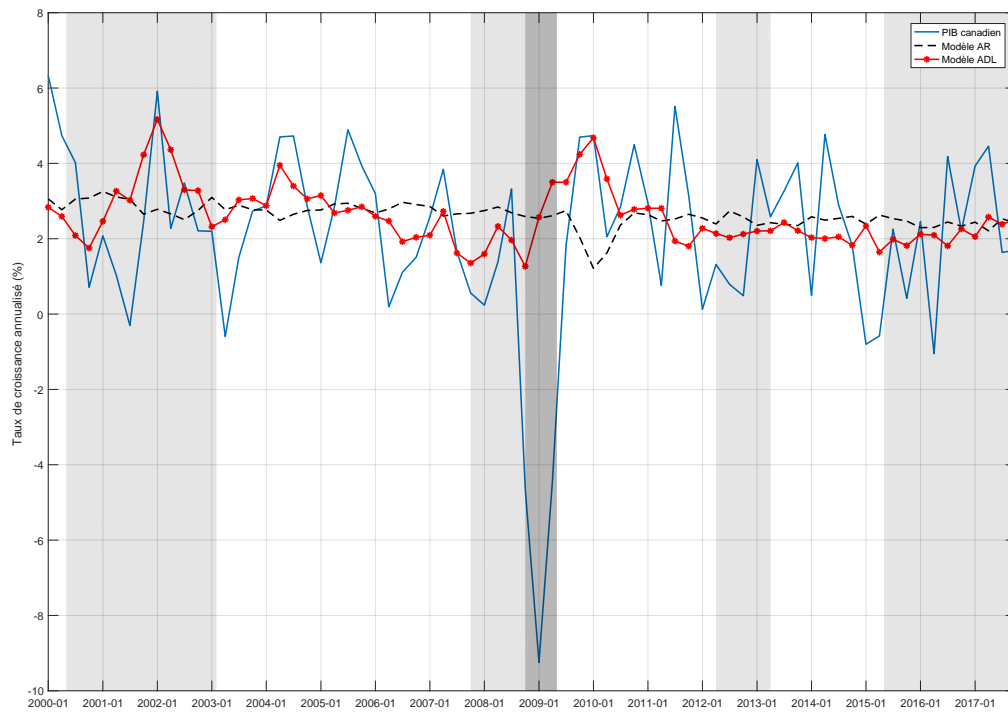


FIGURE 32 – Prévisions du PIB canadien quatre trimestre à l'avance