



Interaction entre la politique macroprudentielle et la politique monétaire sous l'hypothèse d'un apprentissage adaptatif

Marius GUEZO¹ et Alastaire Sèna ALINSATO²

¹Direction de la Recherche et des Etudes Stratégiques /DGE(MEF), Laboratoire d'Economie Publique (LEP), Université d'Abomey-Calavi

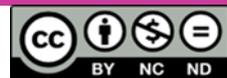
² Laboratoire d'Economie Publique (LEP), Université d'Abomey-Calavi

Résumé : Cet article pose la problématique du design d'implémentation des outils de la politique macroprudentielle et ces interactions avec la politique monétaire. Il s'agit d'analyser les jeux dynamiques entre la politique macroprudentielle et la politique monétaire sous l'hypothèse d'un apprentissage adaptatif. Le modèle DSGE construit est estimé sur la période 2005T1-2018T4. Et permet de conclure que la coordination est le jeu dans lequel la politique monétaire ajoute de moins de pertes aux autorités macroprudentielle. Il s'avère que c'est le jeu d'interaction le plus performant en termes d'ancrage d'apprentissage adaptatif. Il est donc important d'avoir un instrument supranational de stabilité financière capable de suppléer aux insuffisances de la politique monétaire.

Mots clés : Politique monétaire ; Politique macroprudentielle ; interactions, apprentissage adaptatif.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.7554239>

Published in: Volume 2 Issue 1



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

1. Introduction

La nouvelle stratégie d'orientation de politique économique place les anticipations au cœur de la résolution des problèmes et du développement de l'efficacité des politiques publiques. Depuis les travaux pionniers de Friedman (1968) prolongé par Lucas (1970), l'anticipation des agents économiques est devenue un allié décisif dans l'évaluation de l'efficacité des politiques économiques. Friedman (1968) justifie l'inefficacité de la politique monétaire sur le secteur réel à long terme par la bonne anticipation des agents économiques. L'efficacité des instruments de la politique économique dépend donc des erreurs d'anticipation des agents économiques et ceci à court terme. Dans les années 1970, Lucas, en s'appuyant sur les travaux de Muth (1961) introduit les anticipations rationnelles. Il n'y a aucune raison de penser que les agents se trompent systématiquement et l'idée est que les agents sont capables de prévoir comment les autorités ont intérêt à agir et ils sont capables de ne pas se laisser surprendre.

Les anticipations des agents économiques rendent donc la formulation de la politique économique plus complexe. Les agents économiques doivent donc faire des apprentissages permanents au regard des anticipations des autres. Dans ce contexte, l'efficacité des instruments de politique économique, manque alors de consensus. Cette critique fondamentale met en exergue l'interaction pouvant exister entre les

instruments de politique économique. Bien que les autorités macroprudentielle et monétaire mènent des politiques différemment fondées sur leur expérience et leur idéologie, il convient de noter que les anticipations des agents économiques jouent un rôle clé dans l'atteinte de l'objectif de chaque instrument. La non-prise en compte des anticipations, risquerait de freiner les élans de chaque instrument et générer des conflits. Dans cette optique, la politique macroprudentielle risque de rentrer en conflit avec la stabilité des prix, objectif de la politique monétaire. Du fait que, les deux approches (approches macroprudentielle et monétaire) fonctionnent partiellement à travers les mêmes canaux tel celui du crédit (Barry et Dai, 2013), le risque encouru est de voir la première politique altérée l'efficacité de la seconde, qui est à son tour susceptible de dénaturer les objectifs des premières (Barry et Dai, 2013 ; FMI, 2013). Cela ne fait que souligner l'importance de prendre en compte la perception du public.

Dans la littérature, différents jeux (Coordination, Nash (non coordination)), entre ces politiques ont été largement étudié et débattu afin de limiter les effets des répercussions indésirables. Chaque politique affecte le terrain d'intervention de l'autre. Dans cette logique, Cartapanis (2011) souligne que le rattachement des volants de sécurité contra-cycliques au ratio crédit/PIB peut influencer les canaux de transmission de la politique monétaire, surtout si l'on se réfère au canal du crédit. Il existe donc une interaction entre la politique monétaire et la politique macroprudentielle à travers le cycle de crédit (Danthine, 2013). La politique monétaire peut parfois pousser les agents économiques à une prise excessive de risque, et dans ce cas, la politique macroprudentielle peut à son tour engendrer des effets secondaires sur la croissance et l'inflation (Garba, 2016). Il ne peut jamais avoir contradiction si les effets secondaires de chaque politique sont contrôlés au préalable.

Cependant, étant donné que la plupart des travaux de recherche utilisent des modèles différents, nous nous sommes concentrés simplement sur leurs prescriptions politiques plutôt que sur les modèles utilisés. Il s'agit, d'une part, de la coordination intégrée où les deux politiques doivent être assignées à la Banque Centrale (French et al. 2010 ; Danthine, 2013 ; Beau et al, 2012 ; Caruana et Cohen, 2014 ; Angeloni, 2014 ; Elliott et al. 2013). La perspective macroprudentielle doit donc coopérer avec les instruments traditionnels de la politique économique. Ainsi pour faire face aux effets indésirables, ils suggèrent que les interactions entre les politiques macroprudentielle et monétaire soient complémentaires et non des substituts, bien que ces résultats dépendent de la nature des chocs qui surviennent dans l'économie (Le Moign 2013 ; FMI, 2013;). Agénor (2014) recommande donc l'utilisation simultanée des deux politiques pour atteindre les objectifs recherchés. L'inefficacité apparaît lorsqu'il y a une utilisation unique de l'un des deux politiques car chacune de ces politiques ne couvre pas tous les paramètres du secteur financier et de la croissance économique. Et d'autre part, de la coordination séparée où les deux politiques doivent être menées de façon indépendantes (Artus et al, 2007 ; Bank of England, 2009 ; Bernanke et Gertler, 2000 ; Antipa et Matheron, 2014 ; Angeloni et Faia, 2009 ; Bordes, 2011). Les deux politiques se mettent dans une lutte conflictuelle dans l'atteinte de l'objectif de stabilité des prix et de la stabilité financière. Ils soutiennent la séparation des politiques et instruments et suggèrent que la politique monétaire et macroprudentielle ne doit pas être coordonnée. D'autres suggèrent une utilisation des instruments en fonction des chocs. Ainsi, lors de la survenance des chocs d'offre, les modèles à emprunteur recommandent de s'appuyer uniquement sur la politique monétaire (Beau, Clerc et Mojon 2012 ; Bean et al. 2010) et de s'appuyer sur la politique macroprudentielle dans le cas des turbulences financières endogènes (Lambertini, Mendicino et Punzi, 2013). En résumé, l'adoption de ces politiques simultanément dépend à la fois de la force et de la persistance du choc de la productivité (choc de l'offre), des risques des bilans des banques mais aussi des volants contra cycliques et de l'effet de levier (Garba, 2016).

Depuis 2010, l'UEMOA a opéré des réformes visant à adopter la politique macroprudentielle, ayant pour mission d'assurer la stabilité financière et de coordonner les actions des différents acteurs de la stabilité financière. Il est donc important d'aborder la question de la coordination de la politique

monétaire et de la politique macroprudentielle dans cet espace afin de montrer le bien-fondé de l'application séparée ou conjointe des deux politiques. Ces interactions entre la politique macroprudentielle et monétaire sont étudiées dans un cadre théorique de jeu (Coordination, Nash (non coordination)), en tenant compte explicitement des différentes prétentions concernant la formulation d'espérances par chaque autorité sous l'hypothèse d'agents en apprentissage adaptatif c'est-à-dire chaque autorité agit au regard du comportement des autres.

Dans cette optique, cet article tente de répondre à la question suivante :

Quel jeu de politique économique fonctionne le mieux en termes de moindre volatilité des variables macroéconomiques ?

Cet article se veut donc une contribution empirique capable d'aider à identifier le type de coordination entre les autorités monétaire et macroprudentielle. Le reste de l'article se présente comme suit. La section 2 présente la méthodologie, la section 3 présente et analyse les résultats et la dernière conclut.

2. Aspects méthodologiques

2.1 Modèle

Dans cette étude, nous avons eu recours aux modèles dynamiques d'équilibre général stochastique (DSGE) (Smets et Wouters, 2007 ; Levine et Lima, 2015 ; Gertler et Karadi, 2011). Nous n'allons pas discuter des étapes de résolution du modèle.

a) Fonction de perte des autorités monétaires : $Loss_t^{BC} = \lambda_{\pi}^{BC} \hat{\pi}_t^2 + \lambda_y^{BC} \hat{y}_t^2 + \lambda_r^{BC} \hat{r}_t^2$

Deux objectifs sont donc assignés à la politique monétaire. Soit elle peut réagir à l'inflation, soit elle peut aussi répondre à l'écart de la production par rapport à la production potentielle. Dans ce cas, la BCEAO minimise une fonction quadratique de perte inter-temporelle donnée par une relation traduisant ses préférences par rapport aux déviations de l'inflation, de la production et du taux d'intérêt. \hat{y}_t est l'écart de production: $\hat{y}_t = 100 * (\log y_t - \log y^*)$ où y^* est le PIB tendanciel déterminé au moyen du filtre Hodrick-Prescott. On le note produit. $\hat{\pi}_t$ est l'écart du taux d'inflation: $\hat{\pi}_t = \pi_t^p - \pi_t^*$ avec $\pi_t^p = 100 * (\log P_t - \log P_{t-1})$ où π_t^p est la variation d'inflation et π_t^* , la cible d'inflation fixée historiquement ou sa valeur à l'état stationnaire. P_t représente l'indice des prix à la consommation. $\hat{\pi}_t$ est noté inflation et \hat{r}_t est l'écart du taux d'intérêt nominal: $\hat{r}_t = r_t^c - r^*$, avec $\beta = \frac{1}{(1+r^*)}$ où r_t^c est le taux d'intérêt nominal et r^* , le taux d'intérêt d'équilibre de long terme, avec $\beta = 0,982$ correspondant aux données trimestrielles¹. \hat{r}_t est noté intérêt.

b) Fonction de perte des autorités macroprudentielles : $Loss_t^{PM} = \lambda_{\pi}^{mp} \hat{\pi}_t^2 + \lambda_s^{mp} \hat{s}_t^2 + \lambda_k^{mp} \hat{k}_t^2$

l'écart de stabilité $\hat{s}_t = s_t^c - s^*$ où s_t^c est la stabilité financière et s^* , le niveau optimal de stabilité financière, une norme historique ou sa valeur à l'état stationnaire. Il est noté stable. La littérature suggère une gamme de variables indicatrices liées à l'expansion du crédit, tels que la croissance du crédit, le ratio crédits bancaires accordés aux sociétés non financières au PIB et les spreads de crédit. Dans l'UEMOA, du fait que le financement des agents repose fortement sur le crédit bancaire, le canal du bilan bancaire est susceptible de jouer un rôle important dans la transmission des chocs et le ratio de capitalisation ou ratio des fonds propres: $\hat{k}_t = k_t^c - k^*$ où k_t^c est le ratio nominal du capital et k^* est la cible du ratio donnée par les règles prudentielles ou sa valeur à l'état stationnaire. Il est noté capital. Cet indicateur révèle une bonne capacité de résistance des institutions financières aux chocs (BCEAO, 2006). Il est calculé en faisant le rapport des fonds propres aux actifs totaux.

¹ Confère Vangu (2014)

Nous étudions les interactions entre les politiques macroprudentielle et monétaire sous les jeux suivants :

- 1) **Coopération ou Coordination intégrée** : Dans le cas de la coordination intégrée, il est supposé une pleine coopération entre les deux autorités. L'équilibre qui en résulterait peut-être considéré comme une situation dans laquelle la banque centrale est responsable de la politique macroprudentielle ou coopère complètement avec l'autorité macroprudentielle. C'est comme si la Banque Centrale intégrait dans la règle de la politique monétaire, l'objectif de la stabilité financière. Dans cette situation les deux problèmes d'optimisation respectifs sont fusionnés en un seul problème d'optimisation conjointe. Les conditions de premier ordre (CPO) donnent simplement la fonction de réaction optimale de la coordination entre les deux autorités à l'état stationnaire : $\hat{s}_t = \theta_{r,0}\hat{r}_t + \theta_{y,0}\hat{y}_t - \theta_{\pi,0}\hat{\pi}_t - \theta_{k,0}\hat{k}_t$
- 2) **Nash ou coordination séparée** : Deux cas sont donc envisagés.
 - a) Dans le premier cas, la Banque Centrale vise un objectif de stabilité des prix. L'objectif du programme d'optimisation de la BCEAO revient donc à minimiser la fonction de perte sous les deux contraintes écrites précédemment. Après les conditions du premier ordre, on obtient tout simplement la fonction de réaction optimale à l'état stationnaire qui se présente comme suit : $\hat{r}_t = \xi_y\hat{y}_t + \xi_\pi\hat{\pi}_t$
 - b) Dans le deuxième cas, la Banque Centrale intègre l'objectif de la stabilité financière à sa fonction de perte. Nous ajoutons à la règle de Taylor, la stabilité financière. Nous estimons donc une règle de Taylor augmentée (RTA). L'équilibre qui en résulte, peut être considéré comme une situation dans laquelle la banque centrale est responsable de la politique macroprudentielle en prenant en compte la stabilité financière. L'équilibre qui en résulte est considéré comme une situation dans laquelle la banque centrale est responsable de la politique macroprudentielle en prenant en compte la stabilité financière. Les conditions de premiers ordres donnent simplement la fonction de réaction optimale à l'état stationnaire de la Banque Centrale comme suit : $\hat{r}_t = \xi_y\hat{y}_t + \xi_\pi\hat{\pi}_t + \xi_S\hat{S}_t$

Le modèle construit est estimé sur la période 2005T1-2019T4 sur les pays de l'UEMOA. Les données sont tirées de la base de données de la BCEAO. Elles ne sont disponibles qu'annuellement alors que nous préférons utiliser des données trimestrielles à cause de la non disponibilité des séries longues. Dans cette logique nous utilisons la méthode implémentée sous Eviews pour trimestrialiser les données. La dérivation de l'évolution tendancielle des données est réalisée à l'aide du filtre de Hodrick-Prescott (1997). Dans l'optique de répondre aux exigences de la stationnarité, les variables de production et de prix sont mesurées en logarithme puis le taux d'intérêt nominal et le ratio du capital et le ratio du crédit en différence première avant de les transformer en pourcentage de déviation par rapport à leurs niveaux de long terme (valeurs cibles).

2.2 Calibration des paramètres du modèle

Nous avons procédé, pour réaliser le calibrage des paramètres du modèle d'analyse, à une concertation entre :

- (i) les valeurs des paramètres généralement admis par la littérature économique (Levine et Lima, 2015 ; Beau, Clerc et Mojon, 2012 ; Angelini, Neri et Panetta, 2012 ; Gelain et Ilbas, 2014; Suh, 2012),
- (ii) le compromis tiré après revue de la littérature de quelques études réalisées dans les économies africaines et pays en développement (Vangu, 2014 ; Houssa et al. ; 2010 ; Adam et al., 2009 ; Diop et Thiaw, 2010 ; Diop et Fall, 2011).
- (iii) les résultats obtenus après estimations économétriques.

3. Présentation et analyse des résultats

3.1 Décomposition de la variance de l'erreur de prévision

Le tableau 1 illustre la contribution des chocs à la variance de l'erreur de prévision des variables du modèle.

Tableau 1 : Contribution relative des chocs à la variance de l'erreur de prévision des variables du modèle

	Choc d'offre	Choc de demande	Choc financier
production	0.59	1.26	0.28
inflation	1.69	1.11	0.25
intérêt	2.24	2.30	0.47
stabilité	1.22	0.001	0.81

Source : Réalisé par nous-même sur la base des résultats de nos estimations économétriques

Le tableau 1 nous renseigne sur contribution relative des chocs à la variance de l'erreur de prévision des variables du modèle. La décomposition des variances révèle les chocs d'offre affectent plus le taux d'intérêt, l'inflation, la stabilité et modérément la production, celui de la demande affecte plus la production et l'intérêt et modérément l'inflation et affecte très faiblement la stabilité financière. Les chocs financiers affectent faiblement les autres variables, cela signifie qu'en cas de survenance d'un choc financier, du fait que le système financier de la zone UEMOA est très faiblement connecté au système financier de l'extérieur, la survenance d'un choc financier affecte faiblement le système financier de l'espace, ce qui est sans incidence majeure sur l'activité réelle et financière.

3.2 Résultats des simulations sous l'impulsion des chocs d'offre

La décomposition des variances révèle les chocs d'offre affectent plus les variables d'intérêts, pour cela, nous considérons d'abord les chocs d'offre. Les dispositions des différents résultats sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Interaction entre les politiques monétaire et macroprudentielle sous les chocs d'offre

		Nash (Coordination séparée)				Coordination (Coordination intégrée)	
		BCEAO avec l'objectif de la stabilité des prix(a)		BCEAO avec ajout à la règle monétaire de l'objectif de la stabilité financière(b)		Coordination entre la BCEAO et l'autorité macroprudentielle(c)	
Equations de réaction		Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale
	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi = 0.81$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi = 0.95$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi = 0.76$	
	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y = 0.5$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y = 0.25$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y = 0.26$	
	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	$\xi_r = 0.32$	
	-	-	$\lambda_{stab} = 1$	$\xi_{stab} = 0.78$	$\lambda_K = 1$	$\xi_K = 0.88$	

Perte totale	10,095	0,985	0,785
Volatilités	Inflation 5,68	Inflation 0,10	Inflation 0,70
(variances)	Production 3,29	Production 0,60	Production 0,10
	Intérêt 9,17	Intérêt 0,65	Intérêt 0,45
	Capital -	stabilité 0,75	Capital 0,55

Source : Réalisé par nous-même sur la base des résultats de nos estimations économétriques

Le tableau 2 rapporte les coefficients optimaux obtenus pour la politique monétaire et macroprudentielle, les volatilités implicites des objectifs et les pertes sous les deux cas à savoir la coordination séparée et la coordination intégrée.

Deux cas sont envisagés. Il s'agit de la coordination séparée (a) et de la coordination intégrée (b et c). Dans le cas (a), la politique monétaire se concentre sur l'objectif de ciblage de l'inflation. Les valeurs de la réponse de la politique monétaire à l'inflation et la production sont respectivement 0,81 et 0,50. Dans le cas (b), la politique monétaire intègre l'objectif de la stabilité financière. L'instrument monétaire est donc augmenté de la variable de la (l'in)stabilité financière. Nous voyons qu'en dehors l'objectif de la stabilité des prix, la BCEAO à travers sa fonction de réaction peut viser un objectif de la stabilité financière. C'est comme si les deux objectifs sont confiés à la même autorité monétaire. Dans cette logique, l'équation de la fonction de réaction optimale de la BCEAO est estimée en fonction des objectifs de la stabilité des prix et de la stabilité financière. Ainsi en réponse à l'évolution de l'instabilité financière pour mieux stabiliser l'activité économique, la Banque Centrale actionne la politique de taux d'intérêt. Les valeurs des réponses de la politique monétaire, en prenant en compte le niveau de capitalisation des banques, à l'inflation, à la production et à la (l'in)stabilité financière sont respectivement 0,95 ; 0,25 et 0,78. Donc la BCEAO répond promptement à l'objectif de la stabilité des prix. Mais face à l'objectif de la stabilité financière, son action a moins d'effets. Cela suggère donc que suite à une forte instabilité du crédit bancaire, la Banque Centrale procède à un desserrement du taux d'intérêt afin de durcir les conditions d'octroi de crédit et par là stabiliser l'activité économique. La réponse optimale de l'instrument monétaire pour la stabilisation de la production baisse de moitié et monte considération pour la stabilité de l'inflation et du crédit bancaire. La perte est de 10,095 (cas a) et de 0,985(cas b).

L'intégration de l'objectif de la stabilité financière à la politique monétaire profite donc plus que le cas où la Banque Centrale se concentre sur l'objectif de ciblage de l'inflation. La Banque Centrale peut donc diminuer sa perte si elle intègre l'objectif de stabilité financière. Du côté de la volatilité, la prise en compte de l'objectif de la stabilité financière, a un effet significatif sur les variances de l'inflation, de la production et du crédit bancaire. La concentration de la politique sur son objectif traditionnel semble donc augmenter la volatilité des variables. L'intégration de la stabilité financière à la politique monétaire semble donc sécuriser plus la stabilité financière que le cas (a) car l'intégration améliore la volatilité du crédit bancaire. L'utilisation de la politique monétaire pour contenir indirectement la stabilité financière à travers la diminution de la volatilité de l'inflation est moins optimale.

La question de la stabilité financière va au-delà du simple ajout à l'objectif de la BCEAO de l'objectif de la stabilité financière. Dans cette logique, il est important d'approfondir l'analyse en supposant l'existence de deux autorités qui sont appelées à coordonner leurs actions afin d'assurer l'objectif de la stabilité financière. Pour le cas (c), les valeurs des réponses de la stabilité financière à l'outil macroprudentiel et à l'outil monétaire sont respectivement de 0,88 et 0,32. Les banques de l'espace UEMOA semblent réagir alors faiblement à la politique monétaire menée par la Banque centrale. Cela suggère donc que les caractéristiques des banques jouent un rôle fondamental dans la mise en œuvre de

la politique monétaire. Dans une période de forte instabilité du crédit bancaire, la Banque Centrale doit agir sur les caractéristiques des banques en procédant à un serrement ratio de capitalisation afin de durcir les conditions d'octroi de crédit et par-là stabiliser le ratio de crédit. Cela est dû au fait que, sous la coordination, le seul meneur de politique incorpore la préférence pour la stabilisation de l'inflation à la fois à la Banque Centrale et aux régulateurs macroprudentiels. De même, nous lisons une relation négative entre la stabilité financière et la stabilité des prix. Cela signifie que dans une situation de coopération entre les deux autorités, la BCEAO en réduisant l'inflation par l'augmentation du taux directeur peut atteindre l'objectif de la stabilité financière. La perte totale est 0,785 moindre par rapport aux cas précédents où la banque centrale se voit attribuer l'objectif de la stabilité financière. La coordination entre les deux autorités apporte plus de gains que dans les deux cas précédents. La Banque Centrale peut donc diminuer sa perte si elle coordonne avec le régulateur macroprudentiel, alors que ce dernier améliore aussi sa perte en coordonnant ces activités avec la Banque Centrale. Du côté de la volatilité, le degré de coordination a un effet significatif sur les variances de l'inflation, de la production et du crédit bancaire. La coordination séparée semble donc augmenter la volatilité des variables. La coordination intégrée semble donc sécuriser plus la stabilité financière que la coordination séparée car la coordination intégrée améliore la volatilité du crédit bancaire. Ainsi sous la coopération, l'utilisation de la politique monétaire pour contenir indirectement la stabilité financière à travers la diminution de la volatilité de l'inflation est optimale. Il faut donc la création d'une institution à part entière capable de prendre en compte l'objectif de la stabilité financière. Ces résultats vont dans le même sens que ceux qu'avaient obtenus Gelain et Ilbas (2014). Ces derniers montrent que les interactions entre la politique monétaire et la politique macroprudentielle dans l'optique de stabiliser l'activité économique et la stabilité financière apportent des gains sous les différents poids accordés par le régulateur macroprudentiel à la fluctuation de la production. Les résultats suggèrent que les gains sont considérables pour la coordination intégrée si le régulateur macroprudentiel assigne un poids substantiel à la stabilité de la production. Ainsi, pour limiter les effets des répercussions indésirables, certains économistes suggéraient que les deux politiques doivent être étroitement coordonnées voire intégrées, toutes deux assignées à la Banque Centrale (French et al. 2010). La coordination séparée est donc source de conflit (Bean et al, 2010; Beau et al, 2012). Cette conclusion confirme les résultats de Gerali et al. (2010) et Angelini et al. (2011) qui trouvaient que durant les temps normaux (économie guidée par les chocs d'offre), la coordination intégrée entre les deux politiques est bénéfique que la coordination séparée. Ainsi, en analysant, les gains issus de la coordination intégrée dans la version estimée du modèle, les auteurs aboutissent à la conclusion selon laquelle la politique macroprudentielle génère des avantages pour la stabilité macroéconomique en cas de coopération avec la politique monétaire. Et le manque de coopération entre l'autorité macroprudentielle et la banque centrale pourrait conduire à des politiques contradictoires d'où des résultats optimaux. La combinaison qu'il faut adopter entre les deux politiques résulte donc de la diffusion entre les chocs d'offre et de demande à travers le système financier et l'économie réelle (Beau, Clerc et Mojon, 2012). Ce qui est contraire aux points de vue de Svensson (2012) et Angeloni et Faia (2009). La perspective macroprudentielle présentée comme axée sur la bonne santé du système financier dans son ensemble devrait donc coopérer avec les instruments traditionnels de la politique monétaire. Pour promouvoir à la fois la stabilité financière et celle des prix, il faut donc une nécessaire coordination intégrée entre les politiques monétaire et macroprudentielle.

3.3 Résultats des simulations sous l'impulsion des chocs d'offre

Nous répliquons le même exercice avec les chocs de la demande. Les résultats sont reportés dans le tableau suivant.

Tableau 3: Interaction entre les politiques monétaire et macroprudentielle sous les chocs de demande

		Nash (Coordination séparée)				Coordination (Coordination intégrée)	
		BCEAO avec l'objectif de la stabilité des prix(a)		BCEAO avec ajout à la règle monétaire de l'objectif de la stabilité financière(b)		Coordination entre la BCEAO et l'autorité macroprudentielle(c)	
		Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale
Equations de réaction	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi=0.81$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi =1.06$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi =1.24$	
	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y=0.5$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y =0.30$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y =0.36$	
	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	$\xi_r =0.4$	
	-	-	$\lambda_{stab} = 1$	$\xi_{stab} =0.56$	$\lambda_K = 1$	$\xi_K =0.78$	
Perte totale	2,308		0,715		0,676		
Volatilités (variances)	Inflation	1,52	Inflation	0,068	Inflation	0,055	
	Production	0,70	Production	0,049	Production	0,060	
	Intérêt	17,80	Intérêt	0,10	Intérêt	0,35	
	Capital	-	stabilité	0,30	Capital	0,45	

Source : Réalisé par nous-même sur la base des résultats de nos estimations économétriques

Pour le cas (a) où la BCEAO se concentre sur son objectif de la stabilité des prix, nous constatons que les valeurs des coefficients de la fonction de réaction optimale de la politique monétaire en réponse à l'inflation et la production n'ont pas changé par rapport au cas précédent. Elles sont respectivement 0,81 et 0,5. Avec une perte de 2,308.

En ce qui concerne le cas (b) où nous ajoutons à la fonction de réaction de la BCEAO l'objectif de la stabilité financière, les coefficients sont respectivement de 1,06 pour la stabilité des prix et 0,30 pour la stabilité économique. En ce qui concerne la stabilité financière, la réaction de la BCEAO est moindre par rapport au cas précédent, elle est égale à 0,56. En comparaison au cas précédent, les autorités monétaires relâchent un peu les contraintes pesant sur le capital en réponse à l'instabilité financière. Sous l'égide du choc de la demande, la BCEAO se concentre sur son objectif traditionnel de stabilité des prix. Avec une fonction de perte de 0,715 moindre par rapport au cas précédent. La Banque Centrale tire de meilleurs avantages lorsqu'elle prend en compte l'objectif de la stabilité financière. Cependant la prise en compte de la stabilité financière par la BCEAO est meilleure que la non prise en compte, en ce qui concerne les fonctions de perte et les volatilités. Une intégration est donc importante les résultats des deux cas (Angeleni et Faia, 2009).

Pour le cas(c), les valeurs des coefficients des variables macroprudentielle et monétaire sont respectivement de 0,78 et 0,4. En comparaison aux cas précédent, la coordination intégrée est meilleure, en ce qui concerne les fonctions de perte et les volatilités. Les décisions de politique monétaire doivent tenir compte des effets macroéconomiques des politiques macroprudentielles et vice versa (Bernanke, 2011). Une coordination intégrée est ainsi importante pour optimiser les résultats des deux politiques (Angeleni et Faia, 2009). Cependant, tant que l'efficacité des instruments macro-prudentiels n'est pas

clairement établie, il peut être tout simplement prudent d'y adjoindre l'action du taux d'intérêt (Agénor, 2014).

3.4 Résultats des simulations sous l'impulsion des chocs financiers

Nous répliquons notre analyse pour examiner les effets du choc financier. Nous modélisons le choc financier comme exogène et inattendue destruction du capital de la banque, affectant l'activité économique à travers son impact sur l'offre du crédit et le taux de prêt bancaire (Gerali et al, 2010). Les résultats sont reportés dans le tableau suivant.

Tableau 4: Interaction entre les politiques monétaire et macroprudentielle sous les chocs financiers

		Nash (Coordination séparée)				Coordination (Coordination intégrée)	
		BCEAO avec l'objectif de la stabilité des prix (a)		BCEAO avec ajout à la règle monétaire de l'objectif de la stabilité financière (b)		Coordination entre la BCEAO et l'autorité macroprudentielle (c)	
		Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale	Poids	Fonction de réaction optimale
Equations de réaction	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi=0.81$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi =1.39$	$\lambda_\pi = 1$	$\xi_\pi =0.77$	
	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y=0.5$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y =0.47$	$\lambda_y = 0.2$	$\xi_y =0.26$	
	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	-	$\lambda_r = 0.1$	$\xi_r =0.2$	
	-	-	$\lambda_{stab} = 1$	$\xi_{stab} =0.96$	$\lambda_K = 1$	$\xi_K =0.65$	
Perte totale	0,211		0,905		0,182		
Volatilités (variances)	Inflation	0,004	Inflation	0,271	Inflation	0,055	
	Production	0,00002	Production	0,117	Production	0,060	
	Intérêt	0,010	Intérêt	0,333	Intérêt	0,35	
	Capital	-	stabilité	0,315	Capital	0,45	

Source : Réalisé par nous-même sur la base des résultats de nos estimations économétriques

En cas de chocs financiers, les bénéfices de la BCEAO, en se concentrant sur son objectif, sont substantiels. Les gains sous de la non prise en compte de l'objectif de la stabilité financière par la politique monétaire, sont élevés et dérivent de cette grande capacité de stabiliser les variables macroéconomiques. Si l'économie est guidée par les chocs financiers, la concentration de la BCEAO sur ces objectifs traditionnels aide à stabiliser la production et le ratio du crédit bancaire sur le PIB. En pratique, en cas de chocs financiers, la banque centrale se concentre sur son objectif, laissant la stabilité financière. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Angelini et al. (2011). Ces auteurs avaient montré l'importance de la prise en compte de l'objectif de la stabilité financière lorsque les chocs financiers survenaient dans l'économie. Ils soulignaient que l'intégration de la stabilité financière à la politique monétaire aide à stabiliser l'inflation et le ratio du crédit au PIB. Mais dans la pratique, la politique monétaire dévie de l'adhérence stricte de son objectif, laissant ainsi la main d'autres instruments autre que la politique monétaire de contrôler la stabilité financière. Ce qui semble confirmer nos résultats. En cas de déviance de la Banque Centrale vers son objectif, nous tombons alors dans la situation (a), où la BCEAO se concentre sur son propre objectif. En cas de choc financier, la politique monétaire doit être utilisée pour l'objectif pour lequel il y a plus d'efficacité. Cette approche n'envisage

pas que le taux d'intérêt puisse répondre à quelque moment que ce soit à la stabilité financière (Kremers et Schoenmaker, 2010 ; Stein, 2013). Cette option rejette toute déviance de la politique monétaire vers l'objectif de la stabilité financière.

Sous la coordination intégrée (cas c), l'effort combiné des deux autorités permettent de répondre agressivement à l'inflation et la stabilité du crédit bancaire. Les coefficients sont respectivement des variables sont respectivement de 0,77 pour l'inflation ; 0,26 pour la production ; 0.2 pour la règle monétaire et 0,65 pour la règle macroprudentielle. Dans cette fonction, nous constatons qu'en cas de coordination intégrée, la BCEAO à travers sa politique de taux, réussirait à influencer la stabilité financière via la recherche de l'objectif de la stabilité des prix. Ainsi une augmentation du niveau d'inflation de 1point, fait baisser le ratio de crédit de 0,77. Ce qui signifie qu'en cas de coordination des deux instruments, la politique monétaire en recherchant l'objectif de la stabilité des prix, dévie indirectement vers l'objectif de la stabilité financière (Mishkin, 1997). Il existait une compatibilité entre les deux objectifs à savoir la stabilité des prix et la stabilité financière. Une forte croissance du niveau général des prix ou une baisse de ce niveau en dessous des attentes des agents économiques, représentait donc une grande source d'instabilité. Ce compromis pourrait seulement exister à court terme (Feldman et Watson, 2002; Goodhart, 2000; Goodhart et al, 2004 et Allen et Wood, 2006). Le conflit existait si l'on renonce à l'objectif d'inflation en faveur de la stabilité financière (Albulescu et Oros, 2012). Avec une perte de 0.182.

Sous la coordination séparée (cas a et b), les réponses des différentes politiques face à leurs objectifs sont élevées. En ce qui concerne les pertes subies selon le degré de coordination, les résultats vont dans le même sens que les deux cas précédents. Sous l'impulsion du choc financier, les deux autorités gagnent dans le cas de la coordination intégrée (c) que le cas de la coordination séparée (cas a et b). Les deux autorités gagnent en fédérant leur effort. La coordination séparée entre les deux politiques engendre des pertes énormes pour les deux autorités. Lorsque l'économie est guidée par des chocs financiers, les bénéfices des autorités issus de la coordination intégrée sont substantiels. Les gains issus de la coordination intégrée entre les politiques monétaire et macroprudentielle sont élevés et dérivent de cette grande capacité de stabiliser les variables macroéconomiques. Si l'économie est guidée par les chocs financiers, la coopération aide à stabiliser la production et le ratio du crédit bancaire sur le PIB. En pratique, en cas de chocs financiers, la banque centrale se concentre sur son objectif, laissant la main à la politique macroprudentielle de maintenir la stabilité financière. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Angelini et al. (2011). Ces auteurs touchaient de doigt l'importance de la coordination intégrée lorsque les chocs financiers surviennent dans l'économie. Ils soulignaient que la coordination intégrée aide à stabiliser l'inflation et le ratio du crédit au PIB. Mais dans la pratique, la politique monétaire dévie de l'adhérence stricte de son objectif, laissant ainsi la main à la politique macroprudentielle. Ce qui semblait confirmer nos résultats. En cas de déviance de la Banque Centrale vers son objectif, nous tombons alors dans une situation de la coordination séparée, où chaque autorité se concentre sur son propre objectif. Ce point de vue est partagé par Svensson (2017) qui défend donc l'approche séparée en mettant en exergue les limites de l'outil monétaire et l'efficacité de l'instrument macro-prudentiel face à l'instabilité financière. En cas de choc financier, chaque instrument doit être utilisé pour l'objectif pour lequel il y a plus d'efficacité. Donc seule la politique macroprudentielle est apte pour lutter contre l'instabilité financière. Cette approche n'envisageait pas que le taux d'intérêt puisse répondre à quelque moment que ce soit à la stabilité financière (Kremers et Schoenmaker, 2010 ; Stein, 2013). Ce résultat semble donc justifier la nécessité d'avoir deux autorités séparées.

4. Conclusion

Nous avons analysé les interactions entre les politiques macroprudentielle et monétaire dans la prise en compte de la stabilité financière. Deux cas sont donc envisagés : la coordination séparée et la

coordination intégrée. Le cas de prise en compte de l'objectif de la stabilité financière, capture une situation dans laquelle la Banque Centrale s'est assignée un rôle pivot dans la stabilité financière, comme dans le cadre actuel du Comité de la Stabilité Financière de l'UEMOA (CSF-UEMOA). Nos résultats suggèrent que la prise en compte de la stabilité financière par la BCEAO assure une stabilité macroéconomique en cas de choc de demande et d'offre. Les conflits reflètent donc la coexistence de deux autorités indépendantes qui agissent sur des variables étroitement liées (intérêt et l'offre du crédit) mais des objectifs différents. Cependant, dans un environnement dans lequel les chocs financiers sont les plus importants qui guident les fluctuations macroéconomiques, la figure change. La stabilité macroéconomique additionnelle produite seule par la politique monétaire devient significative. La coordination séparée entre les deux politiques génère moins de bénéfices dans la stabilisation de l'inflation et du ratio du crédit, objectifs de la politique macroprudentielle. En raison donc l'hétérogénéité et le manque de profondeur du système financier, il est donc opportun que l'UEMOA soit dotée d'un autre outil capable de prendre l'objectif de la stabilité financière. Ainsi, en cas de choc financier, la Banque Centrale doit se concentrer sur l'objectif de la stabilité des prix, laissant la main à une autre autorité de contrôler la stabilité financière.

Cependant, la question qui se pose est quel type de coordination utilisée ? Les résultats révèlent l'efficacité de la politique monétaire dans la prise en compte de la stabilité financière. La coordination intégrée entre les deux autorités génère de bénéfices dans la stabilisation de l'inflation et du ratio du crédit, respectivement objectifs de la politique macroprudentielle et de la politique monétaire.

Cependant, parlant de la stabilité financière, un accent est mis uniquement sur la stabilité bancaire. Le secteur des microfinances n'est pas intégré. Il serait donc intéressant d'intégrer tout le système financier afin d'assurer la stabilité globale.

Reference

- [1] Adam C., O'Connell S., Buffie E. and Pattillo C. (2009), "Monetary rules for managing aid surges in Africa", *Review of Development Economics*.
- [2] Agénor, P. (2014), « La politique monétaire après la crise financière mondiale : Nouveaux enjeux, University of Manchester and Senior Fellow, OCP Policy Center.
- [3] Albuлесcu C. et Oros C. (2012), « Le policy-mix dans l'UEM : le rôle de la stabilité financière », *Revue de la Stabilité Financière*.
- [4] Allen W. and Wood G. (2006), "Defining and achieving financial stability", *Journal of Financial Stability*, vol 2, issue 2, pp 152–72.
- [5] Angelini, P., A. Enria, S. Neri, F. Panetta and M. Quagliariello (2011), "Pro-cyclicality of capital requirements: is it a problem? How to fix it?" *Bruegel*. pp. 263-311.
- [6] Angelini, P., S. Neri and F. Panetta, F. (2012), "Monetary and macroprudential policies", *Banca d'Italia Discussion Paper*, No. 801.
- [7] Angeloni, I. (2014), "European macro-prudential policy from gestation to infancy", *Financial Stability Review*, Banque de France, n° 18, p. 71-84.
- [8] Angeloni, I. and Faia, E. (2009), "A Tale of Two Policies: Prudential Regulation and Monetary Policy with Fragile Banks", *Working Paper*, No. 1569, Kiel Institute for the World Economy.
- [9] Antipa, P. and Matheron, J. (2014), « Interactions entre politiques monétaire et macroprudentielle », *Revue de la stabilité financière* • N° 18 •
- [10] Arora, S. (2012) "Dynamic monetary and fiscal policy games under adaptive learning", *Indira Gandhi Institute of Development Research*, Mumbai
- [11] Bank of England (2009), "The role of macroprudential policy", *Bank of England Discussion Paper*, November.
- [12] Barry, F. et Dai, M. (2013), « La dimension macroprudentielle de la régulation financière introduite par Bâle III, L'observatoire des politiques économiques en Europe.

- [13] Bean C., Paustian M., Adrian P. and Taylor T. (2010), “Monetary Policy after the fall, in Macroeconomic Challenges”. The Decade Ahead: Proceedings of the Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Symposium at Jackson Hole, 2010 (Kansas City: Federal Reserve Bank).
- [14] Beau, D., Clerc L., and Mojon, B. (2012). “Macro-prudential policy and the conduct of monetary policy”
- [15] Bernanke, B. (2011), “The Macroprudential Regulator: Modeling the Financial Network”. 2008 Dewey & LeBoeuf LLP. (www.dl.com).
- [16] Bernanke, B. and Gertler, M. (2000), “Monetary policy and asset price volatility. NBER Working Paper Series, 7559.
- [17] Bordes, C. (2011), « Banque et risque systémique ». Droit, Economie et Justice Secteur Bancaire, 1–41.
- [18] Cartapanis, A. (2011), « La crise financière et les politiques macroprudentielles » Inflexion réglementaire ou nouveau paradigme ?, Revue économique, 2011/3 Vol. 62, p. 349-382.
- [19] Caruana, J. et Cohen, B. (2014), « Cinq questions et six réponses sur la politique macroprudentielle », Revue de la stabilité financière • N° 18 • Avril 2014.
- [20] Danthine, J. (2013). “Credit is the sky the limit?”, Working paper serie.
- [21] Diop M. B. et Fall A. (2011), « La Problématique du Choix du Régime de Change dans les Pays de la CEDEAO ». DPEE (Ministère de l'économie des Finances du Sénégal) Working Paper, 20, 64p.
- [22] Diop M. B. et Thiaw K. (2010), « Différentiel d'inflation dans une Union Monétaire: Le Cas de l'UMOA ». DPEE (Ministère de l'économie des Finances du Sénégal) Working Paper, 17, 56p.
- [23] Elliott, Douglas J., Greg Feldberg, and Andreas Lehnert. (2013) “The History of Cyclical Macroprudential Policy in the United States,” Federal Reserve Board Finance and Economics Discussion Series 2013-29.
- [24] FMI (2013), “The Interaction of Monetary and Macroprudential Policies”, FMI, IMF Policy Paper, January. <http://www.imf.org/external/np/pp/eng/2013/012913.pdf>
- [25] FMI (2014), « Rapport des services du FMI sur les politiques communes des états membres de l'UEMOA, Juin.
- [26] French, Keneth R., Martin N. Baily, John Y. Campbell, John H. Cochrane, Douglas W. Diamond, Darrell Duffie, Anil K. Kashyap, Frederic S. Mishkin, Raghuram G. Rajan, David S. Scharfstein, Robert J. Shiller, Hyun Song Shin, Matthew J. Slaughter, Jeremy C. Stein, et René M. Stulz (2010). The Squam Lake Report: Fixing the Financial System, Princeton University Press.
- [27] Friedman, Milton, 1968. The Role of Monetary Policy. American Economic Review, 58(1):1–17.
- [28] Garba, M. (2016), « Analyse des approches prudentielles de la gestion des risques bancaires : quelques constats économétriques sur les banques africaines », Thèse de doctorat, Economies et finances. Université Côte d'Azur, 2016. Français. «NNT: 2016AZUR0032». «tel-01499150v2».
- [29] Gelain, P. and Ilbas, P. (2014), “Monetary and macroprudential policies in an estimated model with financial intermediation”, WORKING PAPER No. 258.
- [30] Gerali, A., Neri, S., Sessa, L. and Signoretti, F. M. (2010), “Credit and Banking in a DGSE Model of the Euro Area”. Journal of Money, Credit and Banking, 42(6), 107–141. <http://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2010.00331.x>
- [31] Gertler, M. and P. Karadi (2011), “A model of unconventional monetary policy”, Journal of Monetary Economics, January.
- [32] Goodhart, C. (2000), “Which lender of last resort for Europe?” Central Banking Publications, London.
- [33] Goodhart, C., Sunirand P. and Tsomocos D., P. (2004b), “A Time Series Analysis of Financial Fragility in the UK Banking System”, FMG, DP/517.
- [34] Guérineau, S., Goujon, M., et Sawadogo, R. (2016), « La politique macroprudentielle dans l'UEMOA », Conférence Un Manchester CERDI-FERDI-COFEB.
- [35] Hodrick R. J. and Prescott E. C. (1997). “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation”. Journal of Money, Credit, and Banking 29, No 11-16.
- [36] Houssa R., Otrok C. and Pustenghea R. (2010), A Model for Monetary Policy Analysis for Sub-Saharan Africa. Open Economies Review, 21 (1), 127-145.

- [37] Lambertini L., Mendicino C. and Punzi M. (2013), “Leaning against boom-bust cycles in credit and housing prices”, *Journal of Economic Dynamics and Control*.
- [38] Le Moign, C. (2013). « Les interactions entre politique macroprudentielle et monétaire », Document de travail.
- [39] Levine P. and Lima, D.(2015), “Policy mandates for macro-prudential and monetary policies in a new Keynesian framework”, *ECB Working Paper Series*.
- [40] Lucas, Robert E., 1973. *Econometric Policy Evaluation: A Critique*. Carnegie-Mellon, Carnegie-Mellon Working Paper. May 1973.
- [41] Mishkin F. S. (1997), “The Causes and Propagation of Financial Instability: Lessons for Policymakers”, FED of Kansas.
- [42] Muth, John F., 1961. Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*, 29(6):315–335.
- [43] Rapport d’activités du CSF-UMOA pour l’année 2011.
- [44] Rapport des services du FMI sur les consultations de 2011 au titre de l’article IV et sur la troisième revue au titre de la facilité élargie de crédit, Préparé par le Département Afrique (en collaboration avec d’autres départements) APR. (2012), (202).
- [45] Rapport des services du FMI sur les politiques communes des États Membres l’Union Économique Et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA), Communiqué De Presse.
- [46] Rapport sur les conditions de banque dans l’UEMOA (2010).
- [47] Smets, F. and Wouters, R. (2007), “Shocks and Frictions in US Business Cycles. A Bayesian DSGE Approach”, *ECB Working Paper*, 722.
- [48] Suh J. (2012), “Macro-prudential Policy: Its Effects and Relationship to Monetary Policy”, (12).
- [49] Svensson L. (2017), “How robust is the result that the cost of “leaning against the wind” exceeds the benefit?”, *ECB Working Paper No 2031*.
- [50] Vangu J. K. T. (2014). Diagnostic de la politique monétaire en République du Congo – Approche par l’Équilibre Général Dynamique Stochastique.

Annexes

Tableau 1 : Calibration des paramètres des fonctions de perte

Notation	dans le	Valeurs	Références
DYNARE			
Fonction de perte des autorités monétaires			
beta		0,98	Diop et Thiaw (2010) ; Diop et Fall (2011)
lambdainf		1	Arora (2012)
lambdaprod		0,2	Arora (2011)
lambdaint		0,1	Arora (2012)
Fonction de perte des autorités macroprudentielles			
lambdastab		1	Vangu (2014) et Gelain et Ilbas (2014)
lambdainf		0,2	Vangu (2014), Arora (2012) et Gelain et Ilbas (2014)
lambdacap		0,1	Vangu (2014), Arora (2012) et Gelain et Ilbas (2014)

Source : Réalisé par nous-même sur la base de la littérature

TABEAU 2 : Calibration des paramètres du modèle de base

Paramètres	Notation dans le DYNARE	Valeurs	Références
β	beta	0,98	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ψ	psi	0,5022	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
φ	sigma	0,0327	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ω	omega	0,7707	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
κ	kappa	0,0548	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ξ_{π}	xiinf	1.50	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ξ_y	xiproduct	0.50	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
φ_{κ}	psicap	0,90	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ϕ_{π}^{κ}	phiinf	0,50	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ϕ_s^{κ}	phistab	1,50	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ε_1	cchodde	0,46	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ε_4	cchopo	0,49	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ε_3	cchocf	0,8	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)
ε_2	cchoco	1,09	Diop et Thiaw(2010) ; Diop et Fall(2011)

Source : Réalisé par nous-même sur la base de la littérature