



Munich Personal RePEc Archive

## **Romanian financial system dynamics: an aggregate stability index analysis**

Claudiu Tiberiu Albuлесcu

Université de Poitiers

3. June 2008

Online at <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/16754/>

MPRA Paper No. 16754, posted 12. August 2009 10:58 UTC

# La dynamique de la stabilité du système financier roumain : une analyse en terme d'indice agrégé de stabilité

Claudiu Tiberiu ALBULESCU

## Résumé

*La stabilité financière systémique est devenue ces dernières années une des préoccupations majeures des autorités de surveillance et des banques centrales. L'identification des méthodes de mesure de ce phénomène complexe constitue une préoccupation des économistes. La construction d'un indice agrégé de stabilité représente l'une des techniques appropriées pour fournir aux analystes des informations importantes sur le niveau et la dynamique de la stabilité d'un système financier. La construction d'un tel indice comporte trois étapes. Il s'agit tout d'abord de choisir les indicateurs individuels qui reflètent la situation de chaque système financier, puis de retenir une procédure de normalisation des indicateurs en fonction du benchmark choisi et enfin de définir un système de pondération des indicateurs individuels pour les agréger.*

*Dans cette étude, nous construisons un indice de stabilité pour le système financier roumain, tenant compte de ses caractéristiques. L'objectif final est d'analyser si le système financier roumain est prêt, du point de vue de la stabilité financière, pour adhérer à la zone euro. Dans la mesure où la stabilité financière est un processus dynamique, nous avons analysé l'évolution de cet indice, puis sa volatilité sur la période 1998-2006 ainsi que la contribution de chaque indicateur individuel à la volatilité de l'indice agrégé. Les résultats confirment que le système financier roumain est suffisamment stable pour pouvoir adhérer à la zone euro. Le niveau de l'indice agrégé de stabilité enregistre une évolution positive sur la période considérée. Sa volatilité est élevée à la suite de la crise financière de 1998-1999 mais diminue à partir de 2001.*

*Mots clé: stabilité financière, méthodes quantitatives de mesure de la stabilité, indice agrégé de stabilité.*

## 1. Introduction

A coté des systèmes d'alerte précoce et des *stress-tests*, la construction d'indices agrégés de stabilité financière (ISF) représente l'une des méthodes utilisées pour mesurer la stabilité d'un système financier. Chaque technique présente des avantages et des inconvénients concernant la capacité à fournir une information précise sur le niveau de stabilité<sup>1</sup>. Ainsi, les systèmes d'alerte précoce permettent d'établir une prévision sur la probabilité d'apparition d'une crise financière (notamment d'une crise de change), mais n'offrent pas la possibilité de prendre en considération tous les risques encourus par le système, ni sa capacité de réponse face aux chocs potentiels. Les *stress-tests* permettent l'identification des chocs éventuels et estiment la résistance du système financier, mais ne permettent ni une comparaison entre le niveau de stabilité qui caractérise de différentes périodes d'évolution du système financier, ni une comparaison, du point de vue de la stabilité financière, entre deux ou plusieurs systèmes différents.

En revanche, les ISF permettent d'établir une comparaison entre différentes étapes et systèmes, et donnent aussi la possibilité d'observer l'évolution du niveau de stabilité. Même si cette technique est considérée comme une technique simple, rigide et mécanique, elle présente d'autres avantages par rapport aux autres méthodes : la transparence, l'identification plus facile des données statistiques nécessaires et la simplicité des calculs. Leur construction qui repose sur un ensemble d'indicateurs de santé financière (FSI – *Financial Soundness Indicators*) proposés par les institutions financières internationales, rappelle la construction de l'indice des

---

\* CRIEF, Faculté de Sciences Economiques, Université de Poitiers, France.

<sup>1</sup> La stabilité du système financier concerne sa capacité à exercer normalement ses fonctions pour une période illimitée, par la réduction des déséquilibres qui interviennent couramment dans ses mécanismes de fonctionnement. La stabilité porte aussi sur la capacité du système de se protéger contre les chocs de nature à déstabiliser ses composantes. Le concept est souvent défini comme l'absence d'instabilité.

prix à la consommation. Les principales difficultés pour construire un ISF résident dans les choix des indicateurs individuels, de la méthode de normalisation, ainsi que du jeu de pondération à retenir.

Cet indicateur permet d'analyser la stabilité d'un système financier en général, ou d'un système bancaire en particulier. Cette méthode simple est destinée tant aux institutions responsables du maintien de la stabilité financière systémique qu'aux investisseurs. L'évolution de l'indice dans le temps est importante car la stabilité financière est un processus dynamique. Par conséquent, nous utilisons dans notre analyse empirique des données trimestrielles qui permettent une analyse plus fine (que des données annuelles), et nous considérons différentes catégories d'indicateurs individuels : indicateurs qui caractérisent le niveau de développement du système, sa vulnérabilité et aussi la solidité du secteur bancaire (le secteur dominant dans le système financier roumain).

L'articulation de cette étude est la suivante. La section 2 discute brièvement les différentes possibilités retenues pour construire un ISF. La section 3 présente la méthode et les indicateurs individuels choisis, ainsi que l'évolution de l'indice de stabilité construit de cette manière. La section 4 est consacrée à un exercice qui nous donne la possibilité d'analyser la volatilité de l'ISF dans la période 1998-2006, ainsi que la contribution de chaque indicateur individuel à cette volatilité. Enfin, la dernière section conclut.

## **2. Les modalités de construction d'un ISF**

Un indicateur est une variable observable utilisée pour rendre compte d'une réalité non observable. Mais dès lors que cette réalité est multidimensionnelle, elle peut être appréhendée par un indicateur synthétique, un indice qui agrège différents indicateurs dits de base. Concentrer une réalité multidimensionnelle en un chiffre unique peut apparaître très réducteur mais la littérature sur la stabilité financière nous propose quelques tentatives.

On trouve ainsi plusieurs méthodes employées pour construire un indice de stabilité financière. Une méthode simple, qui permet seulement une comparaison mécanique entre les indicateurs de stabilité de différents systèmes financiers, consiste dans une hiérarchisation des indicateurs individuels (les composantes des indices agrégés)<sup>2</sup>. Pour obtenir des résultats plus précis, l'échantillon des pays peut être élargi. L'inconvénient de cette méthode consiste dans les différences minimales entre les valeurs des indicateurs, qui ont le même poids dans l'indice agrégé.

Une autre possibilité consiste à établir une moyenne pondérée des indicateurs individuels de stabilité (voir Călin (2004)). La Banque Centrale de Turquie utilise la même technique. Avant la procédure d'agrégation, les indicateurs individuels sont normalisés pour obtenir une variance de même dimension.

Gersl et Hermanek (2006), après une vaste présentation des techniques utilisées dans la littérature portant sur la construction d'un indice de stabilité agrégé, construisent un indice de stabilité pour le secteur bancaire tchèque en utilisant la même méthode. Les indicateurs individuels sont normalisés et leur poids dans l'indice agrégé est présenté entre parenthèses: le capital réglementaire (5%), la qualité des actifs (25%), la profitabilité des banques (25%), la liquidité (25%), le risque de taux (10%) et le risque de change (10%). La sélection des indicateurs prend en considération les pratiques internationales courantes et leur pondération a été établie selon l'intuition des auteurs (*judgements*).

---

<sup>2</sup> Par exemple, si le rapport entre les créances douteuses et l'encours total des crédits représente 6% en Hongrie, 5% en Roumanie, et 3% au Portugal, on leur attribue respectivement 3, 2 et 1 points.

La construction de l'ISF à partir de données journalières de marché financier (les prix des actifs bancaires) représente une troisième méthode possible. Nelson et Perly (2005) présentent un tel indice, appelé indice de fragilité. Leur étude concerne le système financier américain et montre que l'indice global de fragilité financière donne la possibilité d'estimer la probabilité qu'un système se trouve en situation de choc. Avec cette méthode, l'indice est construit en deux étapes : a) les informations fournies par les douze variables individuelles sélectionnées sont groupées dans trois indices composites, en prenant en considération leur niveau, leur volatilité et leur coefficient de corrélation; b) la probabilité que, sur la base de ces trois indices composites, les marchés financiers soient confrontés à une situation de crise est ensuite estimée à l'aide d'un modèle *logit* :

$$P_t = L (\beta_0 + \beta_1\lambda_t + \beta_2\delta_t + \beta_3\gamma_t)$$

où  $\lambda$  = niveau de l'indicateur;  $\delta$  = volatilité de l'indicateur;  $\gamma$  = coefficient de corrélation.

Illing et Lin (2003) proposent, quant à eux, un indice de pression financière (*financial stress index*), en utilisant aussi des données de marché. Une autre méthode consiste à combiner les données de marché avec les données bilancielle. La Banque Centrale de Suisse a procédé de cette façon, et a construit un indice de pression pour le secteur bancaire (*stress index*).

Van den End (2006) propose une méthode originale de calcul d'un indice de stabilité. Il choisit comme indicateurs individuels, des indicateurs qui caractérisent les conditions monétaires : le taux d'intérêt, le taux de change réel, la volatilité des prix des actifs et la solvabilité des institutions financières. L'innovation réside dans l'introduction de limites supérieures et inférieures de ces indicateurs pour identifier de possibles effets non linéaires.

Une dernière méthode consiste à construire un ISF à partir du calcul du risque de défaut pour le système financier entier, en utilisant le modèle de Merton (van den End et Tabbae (2005)). Un indice similaire qui caractérise le risque systémique et qui repose sur la distribution statistique du risque de défaut des institutions individuelles, a été proposé par Čihák (2007). L'interconnexion des problèmes dans le système avec les phases du cycle économique constitue un avantage de la méthode. Mais il y a aussi des inconvénients, en particulier pour les systèmes financiers peu développés dans la mesure où son utilisation suppose l'existence des marchés financiers liquides où les banques sont actives.

La construction d'un indice ne doit pas rester un exercice arbitraire et doit être réalisée en plusieurs étapes bien distinctes. La première étape consiste à identifier les différentes dimensions qui caractérisent le concept, sachant que celles-ci sont toujours multidimensionnelles. Par exemple, le crédit total fait référence au crédit gouvernemental et au crédit privé qui peuvent être à leur tour des crédits en devises étrangères et en monnaie domestique, crédits des maturités différentes, etc.

Les différentes dimensions sont ensuite décomposées en variables dont certaines seront retenues comme indicateur, soit parce qu'elles paraissent particulièrement pertinentes, soit parce qu'elles se prêtent plus aisément à la mesure. Par exemple, si le secteur bancaire a une importance significative dans le système financier en comparaison avec le secteur des assurances et le marché financier, on retient plutôt les indicateurs qui caractérisent le secteur bancaire pour l'analyse.

Une fois les indicateurs définis, ceux-ci doivent faire l'objet d'une mesure. Il reste alors à décider à quel niveau de précision, d'exactitude, d'échelles spatiale et temporelle, mais aussi dans quelles unités, les appréhender. Le plus souvent, les indicateurs n'auront pas le même degré de précision et ne seront même pas mesurés dans des unités homogènes, ce qui complique évidemment le processus d'agrégation des mesures en un indice synthétique. Les valeurs des indicateurs doivent être donc normalisées.

Plusieurs méthodes de normalisation sont envisageables, dont aucune n'est pleinement satisfaisante. Ces méthodes doivent prendre en considération le nombre et le type des indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs):

- La *normalisation statistique* consiste à exprimer toutes les valeurs en écarts-types, après avoir transformé les variables de sorte que leur moyenne soit égale à zéro;

- La *normalisation empirique*, qui comporte à son tour plusieurs techniques. Une des plus courantes consiste à prendre comme base de calcul une année de référence (par exemple l'année de début de la série statistique) et à exprimer toutes les valeurs subséquentes en pourcentage de variation par rapport à cette valeur initiale. Cette approche se prête bien à une analyse en termes de progrès ou de régression par rapport à une situation initiale. Une autre méthode consiste à donner la valeur 0 (min) à l'observation considérée comme la plus mauvaise et 1 (ou 10 ou 100) à celle qui correspond au meilleur score (max). Toutes les valeurs intermédiaires sont alors calculées selon la formule suivante:  $Y = X - \text{Min}/(\text{Max} - \text{Min})$ .

- La *normalisation axiologique* dont la façon de procéder est identique à la normalisation empirique avec bornes min et max, se caractérise par le fait que les bornes ne sont pas dictées par la base de données (les valeurs observées) mais sont choisies en fonction du contexte d'action ou d'évaluation, la situation dont on veut s'éloigner, se voyant attribuer la valeur 0 et celle considérée comme l'idéal à atteindre (qui peut ou non correspondre à un objectif stratégique) recevant la valeur 1.

- La *normalisation mathématique*. La normalisation mathématique consiste à appliquer aux données une transformation (fonction) mathématique qui fait en sorte qu'elles restent comprises entre une borne inférieure et une borne supérieure (par exemple, -1 et +1 ou 0 et 1).

L'étape suivante dans la construction d'un indice agrégé consiste dans l'agrégation des valeurs individuelles. Cela suppose une réponse aux questions suivantes : Faut-il attribuer le même poids à tous les critères pour construire l'indice ou faut-il leur attribuer des poids différents, et si oui, lesquels ? Quel est le rapport entre l'indice et les indicateurs ? S'agit-il d'une somme, d'une moyenne arithmétique ? Pour répondre aux questions, il faut savoir que cette étape consiste dans la construction d'un arbre hiérarchique de décisions et dans la pondération des indicateurs. Il s'agit d'ordonner les  $m$  alternatives sur la base, soit d'un critère unique constitué de l'agrégation des  $n$  objectifs (ou critères), soit de différents critères appréhendés dans leur pluralité (approche multicritère), le tout en vue de faire ressortir l'alternative qui s'approche le plus de l'objectif recherché. Même si la normalisation et les méthodes d'agrégation posent des problèmes théoriques et pratiques sérieux, c'est surtout au niveau de la pondération que se situent les défis scientifiques. On a la possibilité d'établir la même pondération pour tous les indicateurs, ou une pondération qui tient compte des critères de décision choisis.

Nous allons maintenant présenter la construction d'un indice de stabilité financière pour le système financier roumain. La méthode retenue suit la logique des études de Călin (2004) et Gersl et Hemane K (2006). La différence, par rapport à ces études, se situe dans le choix des indicateurs individuels qui caractérisent le développement et la vulnérabilité du système financier, ainsi que la solidité du système bancaire, et dans l'utilisation des données trimestrielles pour une période de neuf ans (nécessaire pour observer la dynamique du concept). Une autre différence est le calcul de la volatilité de cet indice agrégé ainsi que la contribution des indices composites à la volatilité de l'ISF.

### **3. La construction d'un ISF pour le système financier de la Roumanie**

Pour construire un indice agrégé de stabilité financière, nous utilisons des données trimestrielles. Par ailleurs, comme notre objectif final est d'analyser si la Roumanie est

préparée, du point de vue de la stabilité financière, pour l'adhésion à la zone euro, nous avons choisi comme *benchmark* la moyenne des indicateurs des pays de la zone euro pour l'année 2001 (année qui précède l'adoption de la monnaie unique par ces Etats).

Cette méthode de calcul de l'ISF ressemble à la méthode d'émission de signaux utilisée dans les systèmes d'alerte précoce. La différence, par rapport à celle-ci, consiste dans l'élimination de l'inconvénient de la réponse binaire (0 s'il n'y a pas une crise et 1 s'il y a une crise). Les objectifs de ces deux méthodes voisines sont toutefois différents. L'ISF donne des informations sur la stabilité du système en reflétant son degré de solidité. La méthode des systèmes d'alerte précoce permet, quant à elle, l'identification du moment d'apparition d'une crise financière. Les indicateurs individuels choisis sont présentés dans le tableau 1<sup>3</sup>.

Tableau 1 – Les indicateurs analysés pour évaluer la stabilité financière

Indicateurs individuels	
<i>Développement financier (IDF)</i>	
Crédit total / PIB	I <sub>d1</sub>
Marge bancaire	I <sub>d2</sub>
Capitalisation boursière / PIB	I <sub>d3</sub>
La réforme bancaire et l'intérêt pour la libéralisation	I <sub>d4</sub>
<i>Vulnérabilité financière (IVF)</i>	
Crédit privé / Crédit total	I <sub>v1</sub>
(Réserves / Dépôts) / (Numéraire / M2)	I <sub>v2</sub>
Taux d'inflation (%)	I <sub>v3</sub>
Déficit budgétaire / PIB	I <sub>v4</sub>
Crédits / Dépôts	I <sub>v5</sub>
Variations des dépôts bancaires / Variation de M2	I <sub>v6</sub>
<i>Financial Soundness Indicators (FSI)</i>	
Créances douteuses / Crédit total	I <sub>s1</sub>
Capital propre / Actif total	I <sub>s2</sub>
Capital réglementaire / Actifs pondérés en fonction du risque	I <sub>s3</sub>
Actifs liquides / Actif total (%)	I <sub>s4</sub>
ROA	I <sub>s5</sub>

Source: calculs de l'auteur à partir des bases de données: FMI, Eurostat, BERD, BNR, INSSE

Ces indicateurs sont des indicateurs largement utilisés dans la littérature sur la stabilité financière. Dans la mesure où le secteur bancaire domine le système financier roumain, la majorité des indicateurs font référence aux banques. Toutefois, parce que le marché financier a enregistré une évolution ascendante continue, nous avons inclus parmi les indicateurs la capitalisation boursière – indicateur qui caractérise le niveau de développement de ce marché. Nous n'avons pas pris en compte des indicateurs qui caractérisent le marché des assurances car le niveau de développement de ce marché est très réduit et il n'est pas évident qu'un choc sur ce marché puisse se propager dans le système entier. Le fait que le *benchmark* soit représenté par le niveau des indicateurs afférents aux pays qui ont adhéré à la zone euro en 2001, pays où les marchés financiers et les marchés d'assurances sont très développés, nous a déterminé à choisir plus d'indicateurs qui caractérisent le système bancaire, pour que l'analyse soit pertinente.

Pour analyser le niveau de développement du système financier, les études retiennent des indicateurs comme les actifs bancaires rapportés au PIB ou le crédit total rapporté au PIB. Nous avons opté pour le deuxième indicateur, qui fournit des informations sur le niveau

<sup>3</sup> Le choix des indicateurs est difficile du fait, d'une part, du manque des données statistiques et, d'autre part, de la complexité du système financier et des sources de vulnérabilité (niveau de développement, solidité bancaire, vulnérabilité classique).

d'intermédiation bancaire dans le système. On considère que le système est plus développé et mature, au fur et à mesure que le niveau d'intermédiation augmente.

La marge bancaire, calculée comme la différence entre le taux d'intérêt créditeur et le taux d'intérêt débiteur, constitue un autre indicateur qui caractérise le niveau de développement. Avec le développement de la concurrence et la montée en puissance de grands groupes bancaires, la marge bancaire, initialement assez élevée en Roumanie, a une tendance à diminuer. Même si une marge bancaire élevée caractérise un taux de profitabilité considérable, nécessaire pour garantir la stabilité du secteur bancaire, on considère que cet indicateur caractérise plutôt la maturité du système que sa profitabilité. Une marge bancaire élevée est aussi constatée en périodes d'instabilité financière.

Le dernier indicateur pris en compte pour analyser le niveau du développement du système, est un indicateur calculé par la BERD traduisant l'avancée de la réforme bancaire et l'intérêt pour la libéralisation. Cet indicateur reflète le degré de libéralisation du système (on mentionne que les systèmes financiers ouest-européens sont considérés complètement libéralisés), ainsi les réformes menées pour avoir un système bancaire compétitif, conformes aux accords internationaux dans le domaine de la surveillance par exemple.

Pour analyser la vulnérabilité financière, le point de départ a été l'ensemble des indicateurs utilisés par le FMI dans les rapports de pays. Ces indicateurs représentent des indicateurs qui caractérisent la stabilité macroéconomique et des indicateurs qui offrent des informations sur la structure du financement. Les investisseurs analysent souvent ce type d'indicateurs (plus accessibles au public), lorsqu'ils formulent leurs décisions d'investir ou de désinvestir d'un pays. Si ces indicateurs enregistrent des valeurs adéquates, on considère qu'un système est moins vulnérable face aux chocs potentiels. Les banques centrales aussi analysent ces indicateurs dans les modèles macroéconomiques utilisés pour les stratégies de politique monétaire ou pour construire les scénarios des *stress-tests*.

Le premier indicateur retenu est le rapport entre le crédit privé et le crédit total. Ici, le crédit privé est représenté par le crédit non-gouvernemental. Parce qu'en Roumanie les banques ont accordé de nombreux crédits aux entreprises publiques et qu'une bonne partie de ces crédits sont devenus des créances douteuses, une diminution de ce rapport reflète une situation plus saine au niveau du système.

Les réserves bancaires représentent une garantie que les banques peuvent faire face aux retraits massifs aux guichets. En Roumanie, les réserves obligatoires ont été utilisées et le sont encore comme un instrument de politique monétaire pour lutter contre l'inflation. Le rapport entre les réserves et les dépôts est donc assez élevé par rapport à celui des pays de la zone euro, en 2001. La préférence pour la liquidité est importante aussi. Plus l'habitude de payer en espèces est grande (c'est le cas de la Roumanie), plus les chances des retraits massifs en cas de panique s'accroissent. Pour prendre en compte ces réalités, nous avons retenu, comme Călin (2004), deux indicateurs, les rapports entre les réserves et aux dépôts et entre le numéraire et M2.

Le taux d'inflation, un autre indicateur individuel, est considéré dans la littérature comme un indicateur de vulnérabilité macroéconomique. L'objectif principal des banques centrales reste un taux d'inflation soutenable. Le taux d'inflation observé fournit donc des informations sur les politiques économiques et un niveau bas augmente la confiance des investisseurs. A côté de cet indicateur qui reflète plutôt la performance de la politique monétaire des banques centrales, un autre indicateur exprime la performance de la politique fiscale du gouvernement. Cet indicateur est le déficit budgétaire rapporté au PIB. Plus le déficit augmente, plus la confiance est affectée et plus la capacité du système à assurer une croissance durable est mise en doute.

Les deux derniers indicateurs choisis sont des indicateurs susceptibles de donner des signaux sur l'apparition d'une crise financière. Une forte expansion du crédit qui n'est pas soutenue par une augmentation équivalente des dépôts (et donc de la confiance dans la monnaie), indique un déséquilibre potentiel. Un autre déséquilibre potentiel est considéré avec la détérioration du rapport entre les dépôts bancaires et la masse monétaire M2. Ce rapport a enregistré une évolution positive en Roumanie ces dernières années et une détérioration du rapport signifie une baisse de l'épargne et une augmentation de la consommation et des prix.

Le dernier groupe d'indicateurs pris en compte contient des indicateurs de solidité ou de santé financières, indicateurs proposés par les institutions financières internationales pour évaluer le niveau de stabilité d'un système. Ces données ne sont pas faciles à obtenir, surtout avec une périodicité trimestrielle. Les indicateurs retenus expriment la solidité du secteur bancaire.

Le premier indicateur est le rapport entre les créances douteuses et le crédit total. Il reflète la qualité des crédits. Même si le rapport enregistre une évolution favorable en Roumanie, le volume des créances douteuses a fortement augmenté avec l'essor du crédit et la compétition des banques sur le marché.

Le deuxième indicateur reflète le niveau de capitalisation du système. Le secteur bancaire roumain est bien capitalisé et la Banque Nationale de Roumanie a eu une contribution importante car la réglementation de l'activité bancaire impose un niveau assez élevé du capital. Le capital réglementaire rapporté aux actifs pondérés en fonction du risque est le troisième indicateur retenu dans cette catégorie. Cet indicateur reflète la solvabilité du secteur et le niveau choisi comme référence n'est pas 8% (le niveau minimum imposé par le Comité de Bâle) mais 11,73%, la moyenne de la zone euro pour l'année 2001. La valeur de cet indicateur pour la Roumanie est largement au-dessus du *benchmark*, car la BNR a imposé aux banques commerciales un ratio de solvabilité dont le niveau est 12%.

Le quatrième indicateur est représenté par le rapport entre les actifs liquides et l'actif total. Ces données se trouvent dans les rapports de pays élaborés par le FMI. Pour la zone euro, le niveau de l'indicateur a été calculé à l'aide de la moyenne arithmétique des données relatives au neuf pays. Le rendement des actifs (ROA) est le dernier élément pris en considération. Il est plus important pour la Roumanie que pour la zone euro, une situation considérée comme normale pour un pays en transition. Ce profit supplémentaire doit rémunérer les risques existants sur le marché.

En conclusion, nous avons tenté de prendre en considération la majorité des aspects qui font référence à la santé des banques : la performance des crédits, le niveau et l'adéquation du capital, la liquidité et la rentabilité.

L'identification de ces indicateurs repose sur plusieurs bases de données. Un problème particulier est le manque de données pour les indicateurs de solidité financière. Une partie de ces données a été trouvée dans les rapports de pays du FMI : les données annuelles ont été transformées en données trimestrielles, en utilisant une méthode de passage progressif<sup>4</sup>.

Nous avons regroupé ces indicateurs individuels dans trois indices composites : un indice de développement financier (qui inclut quatre indicateurs individuels), un indice de vulnérabilité financière (six indicateurs) et un indice de santé ou solidité financière (cinq indicateurs). Le *benchmark* (le niveau considéré suffisant pour la stabilité financière, où chaque indicateur atteint la valeur 1), est défini comme la moyenne des valeurs des indicateurs de la zone euro pour l'année 2001 – année qui précède la mise en circulation de l'euro. Cette

---

<sup>4</sup> Par exemple, si le rendement des actifs (ROA) pour l'année 2000 a été de 0,6% et pour 2001 de 0,8%, le ROA trimestriel a été considéré le suivant : 2000 q4 = 0,6 ; 2001 q1 = 0,65 ; 2001 q2 = 0,7 ; 2001 q3 = 0,75 ; 2001 q4 = 0,8.



hypothèse offre des informations sur le degré de préparation de la Roumanie, du point de vue de la stabilité financière, pour adhérer à la zone euro.

Après le choix des indicateurs individuels, nous avons normalisé les valeurs enregistrées. La méthode de normalisation des indicateurs utilisée dans cette étude est la méthode mathématique. Elle permet d'obtenir pour chaque indicateur une valeur dans l'intervalle (0;1], où la valeur 1 indique une situation normale de stabilité financière, quand le système financier accomplit ses fonctions et peut répondre aux chocs qui peuvent le déstabiliser, et une valeur proche de 0 indique une situation grave, quand l'apparition d'une crise financière est imminente. La normalisation des indicateurs individuels est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 2: La méthode de normalisation des indicateurs

Indicateurs	Benchmark	Normalisation
<i>Développement financier (IDF)</i>		
Crédit total / PIB	1,62	$I_{dn1} = 1$ si $I_{d1} > 1,62$ $I_{dn1} = I_{d1} / 1,62$ si $I_{d1} < 1,62$
Marge bancaire	3,33	$I_{dn2} = 1$ si $I_{d2} < 3,33$ $I_{dn2} = 3,33 / I_{d2}$ si $I_{d2} > 3,33$
Capitalisation boursière / PIB	70,06	$I_{dn3} = 1$ si $I_{d3} > 70,06$ $I_{dn3} = I_{d3} / 70,06$ si $I_{d3} < 70,06$
La réforme bancaire et l'intérêt pour la libéralisation	4	$I_{dn4} = 1$ si $I_{d4} > 4$ $I_{dn4} = I_{d4} / 4$ si $I_{d4} < 4$
<i>Vulnérabilité financière (IVF)</i>		
Crédit privé / Crédit total	0,92	$I_{vn1} = 1$ si $I_{v1} > 0,92$ $I_{vn1} = I_{v1} / 0,92$ si $I_{v1} < 0,92$
(Réserves / Dépôts) / (Numéraire / M2)	0,33	$I_{vn2} = 1$ si $I_{v2} > 0,33$ $I_{vn2} = I_{v2} / 0,33$ si $I_{v2} < 0,33$
Taux d'inflation (%)	2,11	$I_{vn3} = 1$ si $I_{v3} < 2,11$ $I_{vn3} = 2,11 / I_{v3}$ si $I_{v3} > 2,11$
Déficit budgétaire / PIB	1,8	$I_{vn4} = 1$ si $I_{v4} < 1,8$ $I_{vn4} = 1,8 / I_{v4}$ si $I_{v4} > 1,8$
Crédits / Dépôts	0,93	$I_{vn5} = 1$ si $I_{v5} < 0,93$ $I_{vn5} = 0,93 / I_{v5}$ si $I_{v5} > 0,93$
Variations des dépôts bancaires / Variation de M2	1,2	$I_{vn6} = 1$ si $I_{v6} > 1,2$ $I_{vn6} = I_{v6} / 1,2$ si $I_{v6} < 1,2$
<i>Financial Soundness Indicators (FSI)</i>		
Créances douteuses / Crédit total	3,13	$I_{sn1} = 1$ si $I_{s1} < 3,13$ $I_{sn1} = 3,13 / I_{s1}$ si $I_{s1} > 3,13$
Capital propre / Actif total	0,06	$I_{sn2} = 1$ si $I_{s2} > 0,06$ $I_{sn2} = I_{s2} / 0,06$ si $I_{s2} < 0,06$
Capital réglementaire / Actifs pondérés en fonction du risque	11,73	$I_{sn3} = 1$ si $I_{s3} > 11,73$ $I_{sn3} = I_{s3} / 11,73$ si $I_{s3} < 11,73$
Actifs liquides / Actif total (%)	29,25	$I_{sn4} = 1$ si $I_{s4} > 29,25$ $I_{sn4} = I_{s4} / 29,25$ si $I_{s4} < 29,25$
ROA	0,66	$I_{sn5} = 1$ si $I_{s5} > 0,66$ $I_{sn5} = I_{s5} / 0,66$ si $I_{s5} < 0,66$

Source: calculs de l'auteur

Trois indices composites (ou indices partiels) – l'indice de développement financier (IDF), l'indice de vulnérabilité financière (IVF) et l'indice de solidité financière (FSI) – sont alors calculés et permettent de définir un indice agrégé stabilité financière. Pour le calcul des indices partiels, nous avons attribué le même poids à chaque indicateur individuel<sup>5</sup>. De cette

<sup>5</sup> La méthode permet aussi d'attribuer une importance différente aux indicateurs individuels, à condition que les données utilisées soient complètes.

façon, en cas d'indisponibilité des données, l'indice composite peut être calculé comme la moyenne des indicateurs disponibles.

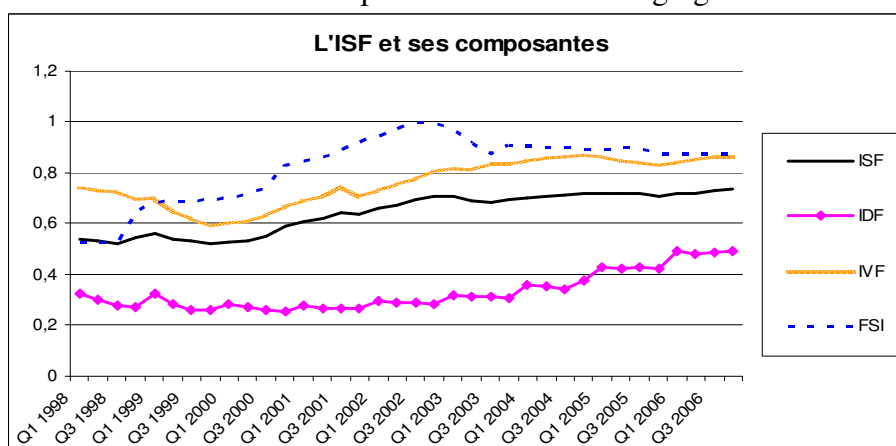
$$IDF = \frac{\sum_{j=1}^4 i_{dj}}{4} \quad (1) ; IVF = \frac{\sum_{j=1}^6 i_{vj}}{6} \quad (2) \text{ et } FSI = \frac{\sum_{j=1}^5 i_{sj}}{5} \quad (3)$$

En ce qui concerne l'indice agrégé de stabilité financière, en utilisant cette méthode classique, nous avons assigné une plus grande importance aux indicateurs *IDF* et *IVF* qu'à l'indicateur *FSI* (0.07 par rapport à 0.06)<sup>6</sup>, parce que ces derniers indicateurs enregistrent des valeurs significatives dans les pays en transition, parfois dépassant la moyenne des pays de la zone euro, à cause d'une faible intermédiation financière et une prudence concentrée seulement sur quelques aspects. La formule de calcul de l'indice agrégé de stabilité devient ainsi :

$$ISF = 0,28 * IDF + 0,42 * IVF + 0,3 * FSI \quad (4)$$

Le niveau des indicateurs individuels est présenté dans l'Annexe 1 et l'évolution des indices partiels et de l'indice agrégé peut être observée sur la Figure 1.

Figure 1 : L'évolution des indices partiels et de l'indice agrégé de stabilité financière



Source: calculs de l'auteur

On peut observer une évolution positive de l'indice agrégé (ISF) depuis 1999 entraînée par les indices de développement financier (IDF) et de vulnérabilité financière (IVF), l'indice de solidité financière (FSI) se détériorant depuis 2003, même si sa valeur reste supérieure à celle des deux autres indices. Malheureusement, le manque des données ne nous permet pas de mettre en évidence la crise bancaire qu'a connue la Roumanie en 1998 – 1999 et qui a conduit à la faillite de plusieurs institutions bancaires.

Même si leur évolution est favorable, on voit pourtant que les indices de stabilité restent en dessous de la moyenne de 2001 des pays de la zone euro. Si les indices de santé et de vulnérabilité financière sont acceptables, le niveau du développement financier, quant à lui, reste assez bas, ce qui peut représenter une source d'inquiétude pour la stabilité financière. Toutefois, depuis 2004, il connaît une nette amélioration dans un contexte de renforcement de

<sup>6</sup> Le calcul de l'indice :  $ISF = 0,7(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) + 0,7(I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10}) + 0,6(I_{11} + I_{12} + I_{13} + I_{14} + I_{15}) = 4*0,7(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)/4 + 6*0,7(I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10})/6 + 5*0,6(I_{11} + I_{12} + I_{13} + I_{14} + I_{15})/5 = 0,28*IDF + 0,42*IVF + 0,3*FSI$

l'intermédiation financière et de la concurrence. Aussi, si cette tendance se poursuit, il pourra atteindre un niveau soutenable autour de 2014, année où la Roumanie doit rejoindre la zone euro.

Le niveau des indicateurs construits n'offre pas d'informations suffisantes sur l'évolution de la stabilité financière et sur les indicateurs qui nécessitent une attention particulière. Pour approfondir notre analyse, nous allons étudier la volatilité des indices et ainsi que les contributions des indices partiels, IDF, IVF et FSI, à la volatilité et à la croissance de l'indice agrégé de stabilité ISF.

#### 4. La volatilité de l'indice agrégé de stabilité financière

Pour mener ces analyses, nous avons retenu la méthode de Chanut-Laroque (1979) que nous avons modifiée pour intégrer les poids attribués aux indices composites dans l'identité

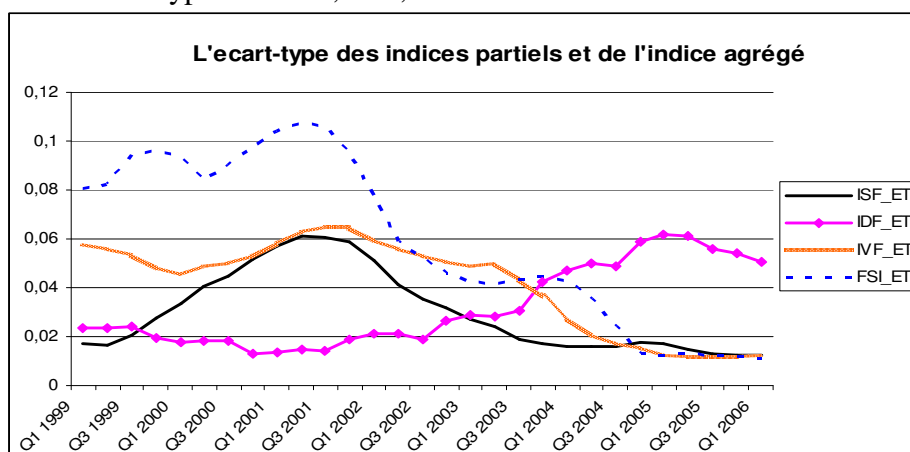
$x(t) = \sum_{i=1}^m xi(t)$  (voir l'annexe). Le taux de croissance de l'indice agrégé devient alors :

$$x(t) = 0,28 * x_{IDF}(t) + 0,42 * x_{IVF}(t) + 0,3 * x_{FSI}(t) \quad (5)$$

où  $x_{IDF}$ ,  $x_{IVF}$ ,  $x_{FSI}$  sont les contributions des indices IDF, IVF et FSI à la croissance de l'indice agrégé ISF.

L'écart-type des indices composites est présenté sur la Figure 2. Il est calculé par glissement sur intervalles progressifs de douze trimestres (*rolling window*). La prise en compte d'un intervalle plus large de trois ans impliquerait, d'un côté, une meilleure significativité de l'écart-type mais, d'un autre côté, la perte des observations portant sur la période récente ainsi que la perte des informations qui font référence à la crise bancaire de 1999. Le choix de douze trimestres traduit donc un compromis.

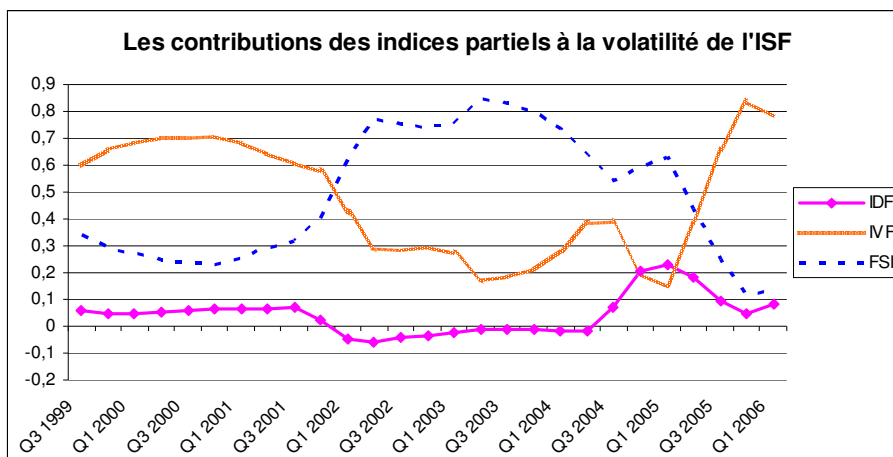
Figure 2 : L'écart type de l'IDF, IVF, FSI et de l'ISF



Source: calculs de l'auteur

On peut observer (Figure 2) une augmentation de la volatilité immédiatement après la crise de 1999 et une réduction de la volatilité de l'indice de stabilité financière et des indices partiels à partir de l'année 2001. L'IVF a une contribution importante à la volatilité de l'indice agrégé dans la période d'après crise (Figure 3). A partir de 2001, lorsque la volatilité diminue, le FSI est, cette fois-ci, l'indice qui contribue le plus significativement à la volatilité. Cela résulte de l'amélioration du rapport créances douteuses / crédit total, enregistrée après l'application par la BNR de nouvelles normes prudentielles. La contribution de l'IVF à la volatilité de l'indice agrégé devient de nouveau considérable sur la période 2005 – 2006, sur le fond de réduction importante de l'inflation et du déficit budgétaire.

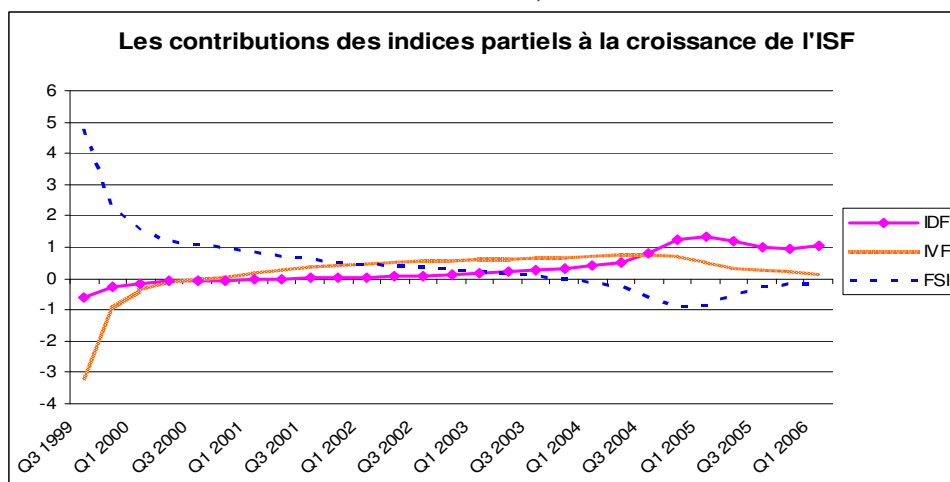
Figure 3 : Les contributions des indicateurs IDF, IVF et FSI à la volatilité de l'ISF



Source: calculs de l'auteur

La même méthode nous permet de mesurer les contributions de ces trois indices composites à la croissance de l'indicateur agrégé de stabilité financière (Figure 4). L'indice de vulnérabilité, ainsi que celui de solidité financière, ont une contribution ambiguë à l'amélioration de la valeur de l'ISF. Par exemple, vers la fin de 2004, d'un côté, la vulnérabilité du système s'est réduite (la contribution de l'IVF à la croissance de l'indice agrégé est importante) et, de l'autre côté, les indicateurs de solidité financière se sont détériorés. Cependant, la contribution de l'indicateur de développement financier a été positive et croissante.

Figure 4 : La contribution des indicateurs IDF, IVF et de FSI à la croissance de l'ISF



Source: calculs de l'auteur

Les indicateurs individuels que nous avons utilisés, ne sont pas les seuls indicateurs qui peuvent être considérés. De même, les poids des indicateurs peuvent être modifiés de la même manière qu'on modifie la composition d'un panier d'achats pris en considération pour le calcul de l'Indice des Prix à la Consommation (IPC). De cette façon, l'indicateur présenté peut constituer une mesure de la stabilité financière de la même manière que l'IPC peut représenter une mesure de la stabilité des prix.

## 5. Conclusions

La construction des indices agrégés de stabilité financière représente l'une des méthodes qui peuvent être utilisées pour mesurer la stabilité financière systémique. Ses avantages consistent dans la simplicité des calculs, dans l'accessibilité des données et dans un niveau de

transparence élevé. Ces indices donnent aux analystes la possibilité de faire des comparaisons en terme de stabilité entre plusieurs systèmes financiers et aussi d'observer l'évolution de cet état du système financier dans le temps. Les inconvénients ou plutôt les déficiences de cette méthode sont à leur tour nombreux. Il est difficile de prévoir avec exactitude l'apparition d'une crise ou de mesurer la capacité d'un système à répondre aux chocs déstabilisants.

Cette technique qui repose sur le calcul d'un indice agrégé de stabilité, même si elle se caractérise par la simplicité, n'est pas arbitraire. Elle comporte plusieurs étapes dont : le choix des indicateurs individuels, une méthode de normalisation de ces indicateurs et une méthode d'agrégation (qui dépend à son tour des critères choisis et de la pondération retenue). Le choix des indicateurs dépend des caractéristiques du système, mais aussi de la disponibilité des données. La pondération est donnée par l'importance attribuée à chaque indicateur individuel.

Dans cette étude, nous avons construit un indice agrégé de stabilité financière pour la Roumanie, où le système financier est caractérisé par une prédominance du secteur bancaire. Les indicateurs individuels utilisés font référence au niveau de développement du système, à sa vulnérabilité ainsi qu'à la solidité des banques. La méthode de normalisation et de pondération retenues ont été déjà utilisées dans la littérature de spécialité. La contribution de notre article consiste dans l'analyse de l'indice sur un horizon de temps de neuf ans, en utilisant des données trimestrielles afin de mieux appréhender la dynamique de la stabilité financière. Une autre contribution porte sur l'analyse de l'évolution de la volatilité de l'indice agrégé. La technique permet d'observer quels indicateurs ont une influence importante dans la volatilité de l'indice agrégé.

Les résultats obtenus montre un renforcement de la stabilité du système financier en Roumanie, à partir de 2001. La volatilité de l'indice agrégé et des indices partiels est aussi en baisse. Le niveau de l'ISF est au dessous de la moyenne enregistrée par les pays de la zone euro en 2001, mais ce niveau est influencé par un développement insuffisant du système financier. Après l'adhésion à l'Union Européenne en 2007, le compte de capital a été complètement libéralisé et le niveau d'intermédiation financière a augmenté, donc le niveau de l>IDF – encore bas – a connu une évolution favorable, et en conséquence l'indice agrégé s'est amélioré. La méthode utilisée donne la possibilité de faire des prévisions sur l'évolution de l'ISF et aussi de considérer d'autres indicateurs pour l'analyse.

## **Bibliographie**

Călin D., (2004) - *Implications de l'unification monétaire européenne sur les pays candidats à l'adhésion: le cas de la Roumanie* – Thèse de doctorat, Université de Poitiers

Čihák, M. (2007) - *Systemic loss: A Measure of Financial Stability* – Czech Journal of Economics and Finance, Vol.1, Issue 2

Gersl, A. et Hermanek, (2006) - *Financial Stability Indicators: advantages and disadvantages of their use in the Assesment of the Financial System Stability* – Banque Nationale Tchèque, Rapport de Stabilité Financière

Illing, M. et Liu, Y. (2003) – *An index of Financial Stress for Canada* – Banque Nationale de Canada, wp 14

Nelson, W.R. et Perli, R. (2005) - *Selected Indicators of Financial Stability* – Conférence BCE, disponible à : <http://www.ecb.int/events/pdf/conferences/jcbrconf4/Perli.pdf>

Schweizerische Nationalbank, (2006) *Financial Stability Report*, juin

van den End, J.W (2006) - *Indicator and Boundaries of Financial Stability* – Banque Centrale des Pays Bas, wp 97

van den End, J.W. et Tabbae, M. (2005) – *Measuring Financial Stability: Applying the MfRisk Model to the Netherlands* - Banque Centrale des Pays Bas, wp 30

## Annexes

### Annexe 1

<i>Indicateurs</i>	Q1 1998	Q2 1998	Q3 1998	Q4 1998	Q1 1999	Q2 1999	Q3 1999	Q4 1999	Q1 2000	Q2 2000	Q3 2000	Q4 2000	Q1 2001	Q2 2001	Q3 2001	Q4 2001	Q1 2002	Q2 2002
<i>IDF</i>																		
Crédit total / PIB	0,388	0,341	0,291	0,309	0,499	0,332	0,224	0,194	0,292	0,239	0,195	0,174	0,265	0,219	0,198	0,189	0,308	0,270
Marge bancaire	0,243	0,217	0,196	0,179	0,175	0,170	0,166	0,162	0,162	0,161	0,161	0,160	0,163	0,165	0,168	0,170	0,173	0,176
Capitalisation boursière / PIB	0,028	0,023	0,011	0,012	0,011	0,012	0,017	0,013	0,012	0,012	0,015	0,014	0,021	0,026	0,043	0,044	0,044	0,055
La réforme bancaire	0,646	0,625	0,604	0,583	0,604	0,625	0,646	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
<i>IVF</i>																		
Crédit privé / Crédit total	0,681	0,617	0,571	0,572	0,648	0,375	0,255	0,106	0,194	0,207	0,406	0,393	0,475	0,492	0,639	0,660	0,713	0,739
(Réserves / Dépôts) / (Numéraire / M2)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Taux d'inflation (%)	0,022	0,037	0,040	0,048	0,060	0,049	0,043	0,040	0,039	0,047	0,047	0,051	0,053	0,057	0,066	0,069	0,078	0,087
Déficit budgétaire / PIB				0,563	0,511	0,468	0,431	0,400	0,398	0,396	0,393	0,545	0,605	0,679	0,774	0,545	0,605	0,679
Crédits / Dépôts	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Variations des dépôts bancaires/Variation M2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,954	1,000	1,000	1,000	1,000	0,976	0,995	1,000
<i>FSI</i>																		
Créances douteuses / Crédit total	0,055	0,054	0,054	0,054	0,059	0,067	0,076	0,088	0,111	0,150	0,229	0,489	0,537	0,596	0,670	0,763	0,835	0,921
Capital propre / Actif total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Capital réglementaire / Actifs pondérés risque				0,874	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Actifs liquides / Actif total (%)																		
ROA																		

Annexe 1 – continuation

<i>Indicateurs</i>	Q3 2002	Q4 2002	Q1 2003	Q2 2003	Q3 2003	Q4 2003	Q1 2004	Q2 2004	Q3 2004	Q4 2004	Q1 2005	Q2 2005	Q3 2005	Q4 2005	Q1 2006	Q2 2006	Q3 2006	Q4 2006
<i>IDF</i>																		
Crédit total / PIB	0,235	0,219	0,359	0,322	0,293	0,259	0,434	0,369	0,304	0,334	0,541	0,495	0,448	0,414	0,686	0,634	0,578	0,528
Marge bancaire	0,179	0,182	0,190	0,198	0,207	0,216	0,219	0,223	0,226	0,230	0,236	0,243	0,250	0,257	0,277	0,302	0,331	0,366
Capitalisation boursière / PIB	0,089	0,077	0,070	0,076	0,077	0,080	0,094	0,118	0,117	0,203	0,188	0,198	0,257	0,273	0,268	0,238	0,290	0,319
La réforme bancaire	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,688	0,709	0,729	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
<i>IVF</i>																		
Crédit privé / Crédit total	0,788	0,808	0,834	0,859	0,963	0,945	0,964	0,980	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
(Réserves / Dépôts) / (Numéraire / M2)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Taux d'inflation (%)	0,099	0,115	0,127	0,143	0,141	0,143	0,156	0,172	0,178	0,212	0,239	0,214	0,239	0,249	0,245	0,295	0,355	0,443
Déficit budgétaire / PIB	0,774	0,900	0,960	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,947
Crédits / Dépôts	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Variations des dépôts bancaires/Variation M2	1,000	1,000	0,998	0,880	0,898	0,928	0,946	0,987	1,000	1,000	0,928	0,858	0,814	0,739	0,796	0,807	0,813	0,797
<i>FSI</i>																		
Créances douteuses / Crédit total	1,000	1,000	0,907	0,745	0,632	0,549	0,524	0,501	0,480	0,460	0,472	0,485	0,499	0,377	0,376	0,375	0,374	0,373
Capital propre / Actif total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Capital réglementaire / Actifs pondérés risque	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Actifs liquides / Actif total (%)							1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ROA							1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

## Annexe 2

*Méthode statistique de calcul des contributions des composantes d'un agrégat, à la volatilité et à la croissance de cet agrégat (Chanut, J-M et Laroque, G. - 1979)*

Pour T trimestres :  $t = 1, \dots, T$ , on analyse l'évolution d'un agrégat  $A(t)$  et de ses « m » composantes  $C_i(t)$ , où  $i$  prend des valeurs entre 1 et  $m$  :

$$A(t) = \sum_{i=1}^m C_i(t)$$

Le taux de croissance de cet agrégat (l'ISF dans notre cas) est :  $x(t) = \frac{[A(t) - A(t-1)]}{A(t-1)}$ ,

et les contributions  $x_i(t)$  de chacune de ses composantes à ce taux de croissance sont définies par :

$$x_i(t) = \frac{[C_i(t) - C_i(t-1)]}{A(t-1)}$$

On a évidemment :  $x(t) = \sum_{i=1}^m x_i(t)$ , pour  $t = 2, \dots, T$

Le modèle est le suivant : on suppose que  $[x_1(t), \dots, x_m(t), x(t)]$  est la réalisation à la date  $t$  d'un processus aléatoire stationnaire de second ordre. On note  $E x_i$ ,  $\sigma_{x_i}$  et  $\text{corr}(x_i, x_j)$  l'espérance mathématique de  $x_i$ , l'écart-type de  $x_i$  et le coefficient de corrélation entre  $x_i$  et  $x_j$  respectivement.

L'identité  $x = \sum_{i=1}^m x_i$ , implique alors :  $E(x) = \sum_{i=1}^m E x_i$  (1) et  $\sigma_x = \sum \text{corr}(x, x_i) * \sigma_{x_i}$  (2)

(la dernière égalité se vérifie immédiatement en multipliant les deux membres par  $\sigma_x$ , et en observant que  $\text{corr}(x_i, x_j) \sigma_{x_i} \sigma_x$  est égale à la covariance entre  $x$  et  $x_i$ .) On remplacera dans les formules (1) et (2) les moments des variables aléatoires par les moments empiriques associés :

$$\bar{x}_i = \sum_{t=2}^T x_i(t) / T, \text{ pour } E x_i$$

$$\bar{\sigma}_i = \sqrt{\sum_{t=2}^T [x_i(t) - \bar{x}_i]^2 / T}, \text{ pour } \sigma_{x_i},$$

et  $\sum_{t=2}^T [x_i(t) - \bar{x}_i][x(t) - \bar{x}] / T \bar{\sigma} \bar{\sigma}_i$ , pour  $\text{corr}(x_i, x)$ .

Les contributions à la croissance et à la volatilité sont donc<sup>1</sup> :

$$CC_i = \frac{E(x_i)}{E(x)} - \text{pour la contribution à la croissance, et}$$

$$CV_i = \frac{\text{corr}(x_i, x) * \sigma_{x_i}}{\sigma_x} - \text{pour la contribution à la volatilité.}$$

<sup>1</sup> Sous l'hypothèse d'indépendance de contreparties.