



N° 534
Mars 2003

ETUDES ET RECHERCHES

*Notes
d'Information et
Statistiques*

BANQUE CENTRALE DES ETATS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST



SOMMAIRE

CONSTRUCTION D'UN INDICATEUR SYNTHETIQUE D'OPINION SUR LA CONJONCTURE	3
INTRODUCTION	4
I - REVUE DE LITTERATURE	4
1.1 - Méthode appliquée par l'Association Suisse pour l'Approvisionnement et l'Achat	4
1.2 - Méthode utilisée par la Banque Nationale de Belgique	5
1.3 - Méthode employée par la Banque de France	5
1.4 - Méthode développée par DOZ et LENGART	6
II - CADRE METHODOLOGIQUE	7
2.1 - Présentation de l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO	7
2.2 - Choix d'une méthode pour la construction d'un indicateur synthétique pour l'enquête	8
III - APPLICATION DE LA METHODE RETENUE AUX DONNEES DE L'UEMOA	8
3.1 - Mise en œuvre de la méthode	8
3.2 - Validation des résultats	10
CONCLUSION	17
ANNEXES	19
Liste des dossiers, études et recherche publiés dans les Notes d'Information et Statistiques (NIS)	26
Note aux auteurs	28

CONSTRUCTION D'UN INDICATEUR SYNTHETIQUE D'OPINION SUR LA CONJONCTURE

Préparé par
Modibo KAMATE*
(mai 2002)

Résumé

Les enquêtes de conjoncture constituent une source précieuse d'informations permettant de suivre les fluctuations économiques à court terme. Cependant, les variables collectées par ces enquêtes présentent quelquefois, des évolutions contradictoires, rendant difficile l'analyse de la situation globale de l'activité économique.

En vue d'assurer la cohérence et de faciliter l'analyse de la conjoncture dans les pays membres de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), la présente étude se propose de construire un indicateur synthétique permettant d'une part, de résumer l'information commune contenue dans les variables de l'Enquête Mensuelle de Conjoncture de la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO) et, d'autre part de retracer l'évolution de la croissance de l'activité économique dans l'UEMOA au cours de la période de l'étude.

La méthode utilisée pour la construction de cet indicateur est celle de l'analyse factorielle. Elle a été appliquée aux soldes d'opinion pour l'UEMOA sur la période 1997-2000.

* : Monsieur Modibo KAMATE est Fondé de Pouvoirs à la Direction de la Recherche et de la Statistique de la BCEAO.

INTRODUCTION

Dans le cadre du suivi de la conjoncture économique dans les pays membres de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO) mène depuis 1997, une enquête mensuelle auprès des entreprises.

Cependant, du fait de la pluralité des variables suivies par cette enquête et des informations parfois contradictoires contenues dans celles-ci, il est difficile de dégager une tendance globale de l'évolution de la conjoncture à partir des données obtenues.

Pour faciliter l'appréciation d'ensemble de l'activité économique à l'aide des résultats de cette enquête, il est donc nécessaire de disposer d'un indicateur synthétique, résumant l'information contenue dans les différentes variables. Cet indicateur devrait permettre, en outre, d'apprécier mensuellement la tendance (amélioration, stabilité ou détérioration) de la situation économique.

La présente étude se propose de construire un indicateur synthétique, à partir des données de l'Enquête Mensuelle de Conjoncture (EMC) de la Banque Centrale, en vue de faciliter l'analyse de la conjoncture dans l'UEMOA. Elle s'articule autour de trois points. Dans la première partie, les principales méthodes couramment utilisées pour la construction d'indicateurs synthétiques de conjoncture sont présentées. Leur comparaison est effectuée dans la seconde partie, en vue de choisir celle qui apparaît la plus appropriée dans le contexte de l'EMC. L'application de la méthode retenue aux données de l'UEMOA et l'analyse des résultats obtenus font l'objet de la troisième partie.

I - REVUE DE LITTERATURE

Les théories développées sur les méthodes d'élaboration d'indicateurs synthétiques permettant de résumer l'information contenue dans des soldes d'opinion¹ issus d'enquêtes de conjoncture sont relativement peu nombreuses. Les principales méthodes recensées sont les suivantes :

1.1 - Méthode appliquée par l'ASAA

1.1.1 - Description de la méthode

L'association Suisse pour l'Approvisionnement et l'Achat (ASAA) et le Crédit Suisse ont conjointement élaboré un indicateur synthétique du climat des affaires, dénommé indice PMI (Purchasing Managers' Index). Cet indicateur existe depuis 1995 et utilise les soldes d'opinion d'une enquête mensuelle de conjoncture dans l'industrie suisse.

Chaque mois, plus de 200 chefs d'entreprises suisses sont interrogés sur leurs performances par rapport au mois précédent. Les questions posées sont qualitatives et consistent à demander si le niveau de l'activité est "supérieur", "inférieur" ou "égal" à celui du mois précédent. Elles portent sur les huit thèmes ci-après :

- production ;
- carnets de commandes ;
- volume des achats (matières premières et prestations) ;
- prix d'achat ;
- délais de livraison ;
- stocks de matières premières ;
- stocks de produits finis ;
- emploi.

Les soldes d'opinion (ou indices ASAA) qui résultent de cette enquête mesurent ainsi le rythme et la tendance de chaque variable observée.

¹ : Le solde d'opinion, relatif à une question donnée, est la différence entre le pourcentage des réponses "favorables" et des réponses "non favorables" à cette question.

L'indice PMI est un indice pondéré composé de cinq des huit indices dans les proportions suivantes : carnets de commandes (0,3), production (0,25), emploi (0,2), délais de livraison (0,15) et stocks de matières premières (0,1). L'indice corrigé des variations saisonnières est un bon indicateur des tendances de l'évolution conjoncturelle. Cette correction est effectuée indirectement par celle des sous-indices qui le composent. Des facteurs influençant les résultats des différentes périodes d'observation sont déterminés pour chaque mois et pris en compte pour obtenir les valeurs corrigées.

1.1.2 - Avantages et inconvénients

Le PMI est un indicateur d'une grande simplicité. En effet, il est déterminé par une simple pondération de soldes d'opinion. Par ailleurs, son concept est utilisé avec succès aux Etats Unis depuis plus de 50 ans. En outre, son élaboration ne nécessite pas l'utilisation de méthodes statistiques compliquées ou d'applications informatiques sophistiquées.

L'inconvénient majeur du PMI est la détermination presque arbitraire des pondérations attribuées aux soldes d'opinion qui le composent.

1.2 - Méthode utilisée par la Banque Nationale de Belgique

La Banque Nationale de Belgique publie, chaque mois, un indicateur synthétique de conjoncture dénommé "indicateur de confiance des chefs d'entreprises belges", élaboré à partir de soldes d'opinion issus d'une enquête mensuelle de conjoncture dans l'industrie manufacturière, la construction, le commerce et les services. Le principe de l'élaboration de cet indicateur est pratiquement identique à celui de l'indice PMI ci-dessus décrit. Toutefois, à la différence de ce dernier, le calcul consiste à appliquer une moyenne arithmétique simple des soldes d'opinion corrigés des variations saisonnières, pondérés et agrégés pour les principales branches d'activité.

1.3 - Méthode employée par la Banque de France

1.3.1 - Description de la méthode

La Banque de France a élaboré un indicateur synthétique qu'elle utilise comme instrument de projection de l'activité, à fréquence mensuelle². Cet indicateur, dénommé "Indicateur Synthétique Mensuel d'Activité de la Banque de France (ISMA)" est publié depuis février 2000 dans la note d'analyse des résultats de l'enquête mensuelle de conjoncture et dans le bulletin de la Banque de France.

A partir d'une analyse en composante principale (ACP), l'information contenue de façon diffuse dans l'ensemble des variables de l'enquête de conjoncture dans l'industrie réalisée par la Banque de France a été transformée en un nombre restreint de facteurs. Dans un second temps, des étalonnages effectués entre le taux de croissance du PIB en variation trimestrielle et les facteurs issus de l'ACP ont permis d'obtenir un indicateur mensuel unique.

L'ACP a été réalisée à partir de séries désaisonnalisées, disponibles de 1981 à 1999, portant sur l'évolution de l'activité du secteur industriel dans son ensemble et deux branches spécifiques considérées comme des indicateurs précurseurs de l'activité (les biens d'équipement et les biens intermédiaires), soit, au total, quarante-deux variables.

Les principaux facteurs issus de l'ACP reflètent :

- l'évolution passée et attendue de l'activité ;
- l'évolution des prix, qu'il s'agisse des prix des produits finis ou de ceux des matières premières ;
- les inflexions défavorables de la conjoncture (cet axe ayant comme caractéristique d'être négativement lié aux soldes d'opinion correspondant aux variations ultérieures des carnets de commande et de la production) ;
- l'état des stocks actuels et futurs ;

² : Cf. bulletin de la Banque de France - N° 73 - janvier 2000.

- l'évolution prochaine de l'offre.

Ensuite, une série de régressions du taux de croissance du PIB a été effectuée sur les différents facteurs obtenus. Ces régressions ont été limitées à la période 1981-1996, afin d'éviter de prendre en compte les résultats de 1997 à 1999, qui étaient encore provisoires.

En raison de la périodicité du PIB disponible au titre des comptes nationaux trimestriels, quatre équations ont été retenues. A chaque mois de chaque trimestre correspond une équation différente de prévision. Une estimation supplémentaire est en outre disponible pour prévoir le taux de croissance du trimestre suivant.

Ainsi, pour chaque trimestre, quatre estimations différentes de la variation du PIB sont effectuées. L'ISMA permet de ce fait, de fournir chaque mois, la variation trimestrielle anticipée du produit intérieur brut. L'estimation réalisée au cours d'un mois est révisée le mois suivant.

1.3.2 - Avantages et inconvénients

Il ressort de la description effectuée ci-dessus que l'indicateur synthétique obtenu est construit par une méthode combinant l'ACP et la régression, qui sont des techniques simples et relativement faciles à mettre en œuvre. Par ailleurs, la méthode utilisée permet de prendre en compte une grande partie de l'information contenue dans l'ensemble des variables de l'enquête.

Cependant, lorsque les données utilisées sont peu corrélées, le nombre de facteurs significatifs issus de l'ACP est généralement élevé, ce qui peut contraindre au choix des facteurs jugés les plus pertinents et conduire, par la suite, à une perte d'information. Par ailleurs, l'utilisation du taux de croissance du PIB en variation trimestrielle peut constituer une contrainte majeure pour les pays de l'UEMOA, dans la mesure où cette variable n'est pas disponible dans ces pays pour des fréquences infra-annuelles.

1.4 - Méthode développée par DOZ et LENGART

1.4.1 - Description de la méthode

Catherine DOZ et Fabrice LENGART³ ont présenté dans un article publié en 1999, une méthode pouvant permettre de construire un indicateur synthétique à partir des soldes d'opinion issus des enquêtes de conjoncture. Cet indicateur, appelé "facteur commun", a pour objet de résumer en une variable quantitative, l'information relevée par ces enquêtes. Un test statistique permettant de vérifier la pertinence de cette approche est préalablement effectué.

Le modèle utilisé fait partie des modèles factoriels dynamiques employés dans de nombreux domaines de l'économie, notamment l'économétrie financière (pour la modélisation des taux d'intérêt) et la macroéconomie. Dans de tels modèles, les variables temporaires observées sont supposées dépendre linéairement d'un petit nombre de variables sous-jacentes inobservables, appelées facteurs.

Deux méthodes sont principalement utilisées pour l'estimation des modèles factoriels dynamiques. La première se situe dans le domaine des fréquences et revient à effectuer une décomposition particulière de la densité spectrale du processus vectoriel constitué par l'ensemble des variables étudiées. La seconde se situe dans le domaine des temps et suppose une modélisation de la dynamique des facteurs, puis une estimation par le filtre de KALMAN.

La méthode de DOZ et LENGART repose sur l'hypothèse sous-jacente de l'existence d'une composante commune qui expliquerait la plus grande partie des évolutions de chacune des variables utilisées. Ainsi, chaque variable est considérée comme la somme d'un facteur commun et d'une composante spécifique (propre à cette variable), ces termes étant inobservables.

3 : "Analyse factorielle dynamique : test du nombre de facteurs, estimation et application à l'enquête de conjoncture dans l'industrie" Catherine DOZ et Fabrice LENGART, Annales d'Economie et Statistiques, N° 54, avril-juin 1999.

L'estimation du modèle utilisé est généralement réalisée à l'aide de deux méthodes : l'analyse factorielle principale (principal factor analysis) et la méthode du maximum de vraisemblance. Toutefois, en pratique, les deux méthodes sont employées en les combinant. En effet, dans une première étape, l'analyse factorielle principale est utilisée pour choisir un nombre de facteurs qui semble pertinent pour résumer toute l'information contenue dans les variables de départ. Ce choix, permet de mettre en œuvre plus facilement la méthode du maximum de vraisemblance, dans la deuxième étape. Un test du rapport de vraisemblance est effectué, afin de vérifier si le nombre de facteurs retenus est correct.

La méthode de DOZ et LENGART a été appliquée aux données de l'enquête mensuelle d'activité dans l'industrie réalisée par l'INSEE. Les soldes d'opinion utilisés dans ce cadre proviennent des réponses à six questions de cette enquête, sur la période allant de mars 1976 à mars 1997. L'indicateur synthétique obtenu est publié par l'INSEE depuis juin 2000, sous la dénomination d' "indicateur synthétique du climat des affaires". DOZ, LENGART et RIVIERE, ont par ailleurs utilisé la même méthode pour construire un indicateur équivalent pour la zone euro.

Une description plus détaillée de la méthode de DOZ et LENGART est présentée en annexe III.

1.4.2 - Avantages et inconvénients

Le principal avantage de la méthode développée par DOZ et LENGART est qu'elle repose sur une base scientifique rigoureuse et une démarche bien structurée, fournissant des éléments permettant de juger la qualité des résultats obtenus.

Au titre des inconvénients, il faut signaler que la méthode considérée ne peut conduire à un seul indicateur que lorsque les données utilisées sont fortement corrélées. Dans le cas contraire, une élimination de plusieurs variables peut s'avérer indispensable. Il convient aussi de souligner que sa mise en œuvre requiert l'utilisation de logiciels statistiques spécialisés pour l'analyse factorielle, les régressions et les tests d'hypothèses, qui sont généralement peu répandus et assez coûteux.

II - CADRE METHODOLOGIQUE

2.1 - Présentation de l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO

Dans le cadre du suivi de la conjoncture économique dans les pays de l'UEMOA, la BCEAO a mis en place un dispositif de collecte et de traitement d'informations, comportant diverses enquêtes, dont une enquête qualitative effectuée auprès des chefs d'entreprise. Cette dernière est réalisée chaque mois, depuis janvier 1997, par les Directions Nationales de la BCEAO dans tous les Etats membres de l'Union, sauf en Guinée Bissau, où le dispositif de collecte n'est pas encore opérationnel. Son échantillon comprend un millier d'entreprises actives dans l'industrie (33%), les BTP (9%), le commerce (31%) et les services (27%).

L'enquête de tendance est effectuée à partir de questionnaires distribués aux entreprises et collectés à dates fixes. Pour certaines variables, (production, demande, ventes, etc.) les questions portent sur l'évolution par rapport au mois précédent. Pour les autres (stocks, carnets de commandes, etc.), l'évolution est appréciée par rapport à la situation jugée normale. La situation d'ensemble du secteur d'activité est appréhendée à la fois par rapport au mois précédent et par rapport à la normale par le biais de questions qui s'y rapportent directement.

Les réponses aux questionnaires sont pondérées et agrégées à divers niveaux (catégories de questionnaires, branches, sous branches, etc.) pour chaque pays de l'Union. De ce traitement, résulte les "soldes d'opinion" qui sont des nombres variant entre -100% et +100%. Les soldes d'opinion pour l'ensemble de l'UEMOA sont obtenus par agrégation de ceux des différents pays.

2.2 - Choix d'une méthode pour la construction d'un indicateur synthétique pour l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO

Chacune des méthodes de construction d'indicateurs synthétiques de conjoncture exposées ci-dessus présente des avantages, mais aussi quelques inconvénients majeurs. En particulier, la mise en œuvre de la méthode employée par la Banque de France nécessite la disponibilité du PIB trimestriel. Cette méthode n'est donc pas actuellement applicable aux données des pays de l'UEMOA. Parmi les autres méthodes présentées, celle de DOZ et LENGART est la plus pertinente du point de vue de la rigueur scientifique. Cette dernière sera donc utilisée pour la construction d'un indicateur synthétique de conjoncture pour la BCEAO, à partir des données de l'enquête mensuelle de conjoncture. Plus précisément, l'analyse factorielle principale sera utilisée pour l'estimation du modèle.

III - APPLICATION DE LA METHODE RETENUE AUX DONNEES DE L'UEMOA

3.1 - Mise en œuvre de la méthode

3.1.1 - Choix des variables

Les données utilisées sont les réponses aux questions de l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO sur la période allant de janvier 1997 à décembre 2000. Il s'agit de soldes d'opinion obtenus pour l'UEMOA par agrégation de ceux des différents pays.

Afin d'obtenir une synthèse complète des données, toutes les variables pertinentes des différents secteurs concernés par l'enquête (industrie, bâtiments et travaux publics, commerce, service) ont été choisies. Parmi elles figurent notamment, celles dont les évolutions mensuelles sont habituellement analysées dans le cadre du suivi de la conjoncture. Ces variables sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : liste des variables sélectionnées pour le calcul d'un indicateur synthétique d'opinion des entrepreneurs sur la conjoncture

N° ordre	Variable	Libellé	Secteur d'activité
1	UEIPRO	Evolution de la production par rapport au mois précédent	
2	UEIPPRO	Prévision de production pour le mois prochain	
3	UEIDEM	Evolution de la demande globale par rapport au mois précédent	
4	UEIPDEM	Prévision de la demande globale pour le mois prochain	Industrie
5	UEICOM	Situation des carnets de commandes par rapport à la normale	
6	UEISTOCK	Niveau des stocks de produits finis par rapport à la normale	
7	UEITRES	Situation de trésorerie par rapport à la normale	
8	UEBMISE	Evolution des mises en chantiers par rapport au mois précédent	
9	UEBNCONT	Evolution des nouveaux contrats par rapport au mois précédent	Bâtiments et
10	UEBREPR	Evolution des reprises de chantiers par rapport au mois précédent	travaux publics
11	UEBINTER	Evolution des interruptions de chantiers par rapport au mois précédent	
12	UEBTRES	Situation de trésorerie par rapport à la normale	
13	UECCA	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	
14	UEPCCA	Prévision du chiffre d'affaires pour le mois prochain	
15	UECCOM	Situation des carnets de commandes par rapport à la normale	Commerce
16	UECSTOCK	Niveau des stocks de marchandises par rapport à la normale	
17	UECTRES	Situation de trésorerie par rapport à la normale	
18	UESCA	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	
19	UESPCA	Prévision du chiffre d'affaires pour le mois prochain	Services
20	UESTRES	Situation de trésorerie par rapport à la normale	

3.1.2 - Analyse préliminaire des données

3.1.2.1 - Adéquation des données à la méthode retenue

Avant de mettre en œuvre la procédure envisagée, il a été vérifié que les données utilisées se prêtent bien à un modèle à facteurs communs. Ainsi, la mesure d'adéquation de Kaiser ou MSA (Kaiser's measure of Sampling Adequacy)⁴ de chaque variable a été examinée. Les variables pour lesquelles cette mesure est faible ont été éliminées du modèle. Seules les variables ayant une MSA supérieure à 0,5 ont été retenues pour la suite de l'analyse. Les valeurs des MSA obtenues au départ pour l'ensemble des variables sont présentées dans le tableau A1 en annexe I. Les variables retenues pour la suite de l'analyse sont listées dans le tableau ci-après :

⁴ : Une condition importante pour les modèles à facteurs communs est la supériorité des corrélations originales des variables à leurs corrélations partielles. Si cette condition n'est pas remplie pour une variable donnée, on en déduit que cette dernière ne se prête pas au modèle. Elle doit donc être retirée de l'analyse. La mesure d'adéquation de Kaiser ou MSA (Kaiser's Measure of Sampling Adequacy) est un indicateur résumé permettant de savoir pour l'ensemble des variables et pour chaque variable prise individuellement, si les corrélations originales sont supérieures aux corrélations partielles. Les valeurs de MSA supérieures à 0,8 sont considérées bonnes alors que celles qui sont inférieures à 0,5 sont jugées non acceptables.

Tableau 2 : MSA de Kaiser des variables retenues pour l'application du modèle à facteur commun

Variable	Secteur d'activité	Intitulé	MSA de Kaiser
UEIPRO	Industrie	Evolution de la production par rapport au mois précédent	0.56
UEIDEM	Industrie	Evolution de la demande globale par rapport au mois précédent	0.50
UEIPDEM	Industrie	Prévision de la demande globale pour le mois prochain	0.61
UEICOM	Industrie	Situation des carnets de commandes par rapport à la normale	0.62
UEISTOCK	Industrie	Niveau des stocks de produits finis par rapport à la normale	0.61
UEITRES	Industrie	Situation de trésorerie par rapport à la normale	0.76
UEBMISE	BTP	Evolution des mises en chantiers par rapport au mois précédent	0.71
UEBREPR	BTP	Evolution des reprises de chantiers par rapport au mois précédent	0.72
UECCA	Commerce	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	0.52
UECPCA	Commerce	Prévision du chiffre d'affaires pour le mois prochain	0.51
UECTRES	Commerce	Situation de trésorerie par rapport à la normale	0.68
UESCA	Services	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	0.71
UESPCA	Services	Prévision du chiffre d'affaires pour le mois prochain	0.54

Il ressort du tableau 2 ci-dessus que la mesure d'adéquation de Kaiser d'aucune des variables retenues n'atteint 0,8. Toutefois, cette mesure est supérieure à 0,5 pour chacune de ces variables.

3.1.2.2 - Stationnarité des variables retenues

L'application de l'analyse factorielle dynamique⁵ nécessite l'utilisation de données stationnaires. Le test de stationnarité mis en œuvre est le test ADF (Augmented Dickey Fuller). Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau A2 en annexe I. Ils font ressortir, au seuil de 5% ou 10%, la stationnarité de toutes les variables retenues, sauf la situation de trésorerie dans l'industrie (UEITRES), dont la non-stationnarité a été confirmée par le test de Perron. Par conséquent, cette variable a été retirée de l'analyse.

3.2 - Validation des résultats

3.2.1 - Examen des résultats obtenus

La recherche de l'amélioration des résultats, sur la base de l'examen de la variance expliquée des variables par le facteur commun, a conduit à éliminer progressivement certaines variables de l'analyse. Finalement, six variables ont été retenues pour la construction de l'indicateur synthétique.

Le tableau ci-après présente les valeurs propres de la matrice de corrélation réduite obtenue.

Tableau 3 : Valeurs propres de la matrice de corrélation réduite

Facteur	Valeur propre	Différence	Proportion	Cumul
1	1.999	1.475	0.999	0.999
2	0.524	0.509	0.262	1.261
3	0.015	0.135	0.008	1.269
4	-0.120	0.058	-0.060	1.209
5	-0.178	0.062	-0.089	1.120
6	-0.240	-0.120	1.000	

⁵ : Une modélisation de la dynamique de l'indicateur synthétique peut être faite à l'aide des processus ARMA, en vue de réaliser des prévisions.

Il apparaît à travers ce tableau que le premier axe factoriel résume la majeure partie de l'information apportée par les variables utilisées. En effet, la valeur propre de cet axe correspond à 65%⁶ de l'information totale contenue dans ces variables. De plus, l'information additionnelle individuellement apportée par les autres axes factoriels est relativement négligeable. Ainsi, le premier facteur de l'analyse (appelé par la suite, facteur commun) est suffisant pour résumer l'information contenue dans les variables retenues. Par conséquent, il apparaît légitime de vouloir construire un indicateur synthétique à partir des données utilisées.

Les coefficients de pondération et les communalités⁷ finales estimées des variables sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Pondérations et communalités finales des variables

Variable	Secteur d'activité	Intitulé	Coefficient de pondération	Communalité finale
UEIPRO	Industrie	Evolution de la production par rapport au mois précédent	0.28	0.48
UEIDEM	Industrie	Evolution de la demande globale par rapport au mois précédent	0.26	0.43
UEBMISE	BTP	Evolution des mises en chantiers par rapport au mois précédent	0.08	0.08
UEBREPR	BTP	Evolution des reprises de chantiers par rapport au mois précédent	0.09	0.09
UECCA	Commerce	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	0.31	0.53
UESCA	Services	Evolution du chiffre d'affaires par rapport au mois précédent	0.21	0.39

Ainsi, le facteur commun F obtenu est déterminé par :

$$F = 0,28.UEIPRO + 0,26.UEIDEM + 0,08.UEBMISE + 0,09.UEBREPR + 0,31.UECA + 0,21.UESCA.$$

F représente l'indicateur synthétique issu de l'analyse factorielle des données.

Les résultats figurant dans le tableau 4 ci-dessus montrent que les communalités finales estimées de certaines variables sont faibles. C'est notamment le cas des variables du secteur des bâtiments et travaux publics (UEBMISE et UEBREPR) pour lesquelles le facteur commun explique moins de 10% de la variance. Ces variables ont été maintenues dans le modèle, du fait de la supériorité de la qualité de leurs résultats à celle des autres variables du secteur concerné et de leur pertinence dans l'analyse de la conjoncture au niveau dudit secteur. Par ailleurs, il a été constaté que leur élimination n'améliore pas de manière significative les résultats au niveau des autres variables retenues.

Un résultat relativement acceptable est obtenu pour le chiffre d'affaires dans le commerce (UECCA) et dans un degré moindre pour la production (UEIPRO) et la demande globale (UEIDEM) dans l'industrie. Le tableau A3.1 en annexe I présente les corrélations des variables et du facteur commun.

Ainsi, l'indicateur synthétique obtenu est construit à l'aide d'une combinaison linéaire des variables, en utilisant les coefficients de pondération du facteur commun issu de l'analyse. Ses valeurs sur la période de l'étude sont présentées dans le tableau ci-après.

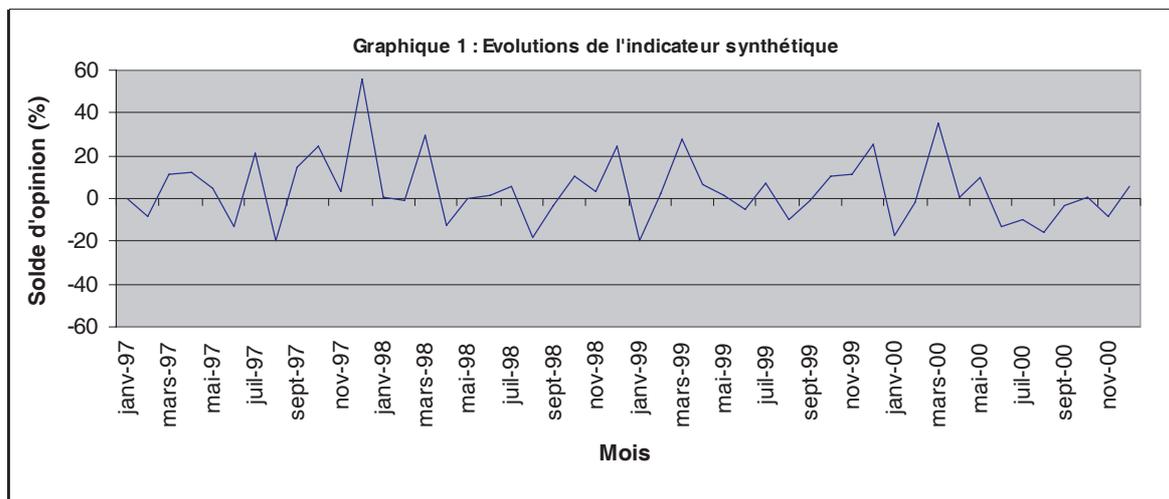
⁶ : Part de la valeur propre du premier facteur dans le total de la valeur absolue des valeurs propres de l'ensemble des facteurs.

⁷ : Comme indiqué en 1.4, la communalité d'une variable représente la proportion de la variance de cette variable expliquée par le facteur commun.

Tableau 5 : Valeurs de l'indicateur synthétique sur la période d'étude

Année	janvier	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1997	-0,22	-8,47	11,28	11,96	4,66	-12,91	21,08	-19,39	14,43	24,93	3,12	55,49
1998	0,49	-1,11	29,98	-12,12	-0,32	1,75	5,66	-17,71	-3,53	10,42	3,58	24,28
1999	-20,01	2,09	27,61	6,22	1,29	-5,04	7,77	-10,09	-1,23	10,28	11,69	25,26
2000	-17,56	-1,34	35,05	0,79	10,24	-13,27	-9,48	-15,23	-3,48	0,46	-8,58	5,69

Le graphique 1 ci-après illustre l'évolution de l'indicateur synthétique sur la période d'étude.

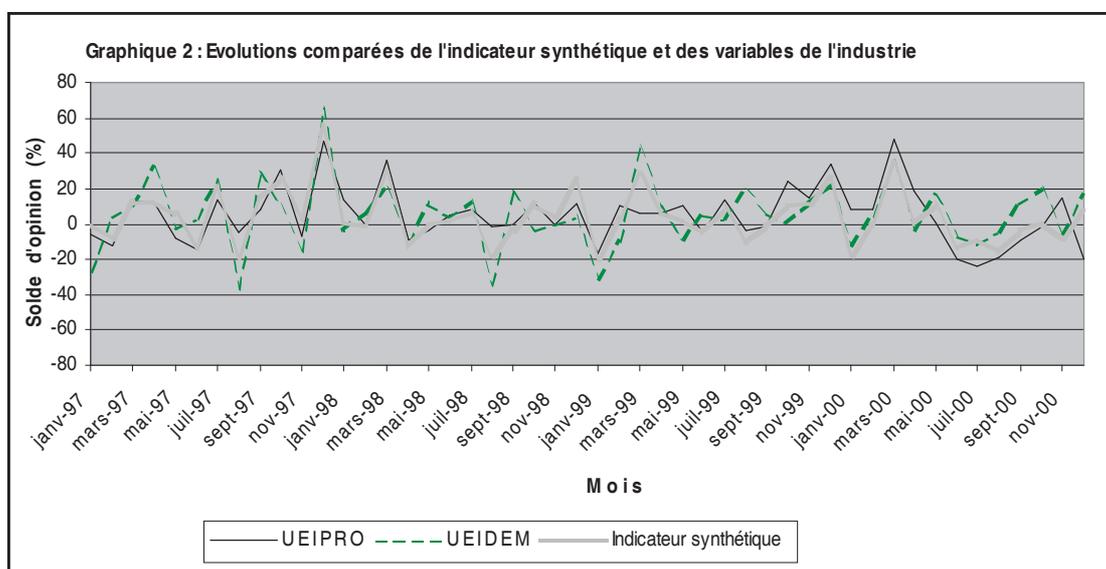


3.2.2 - Pertinence de l'indicateur synthétique construit

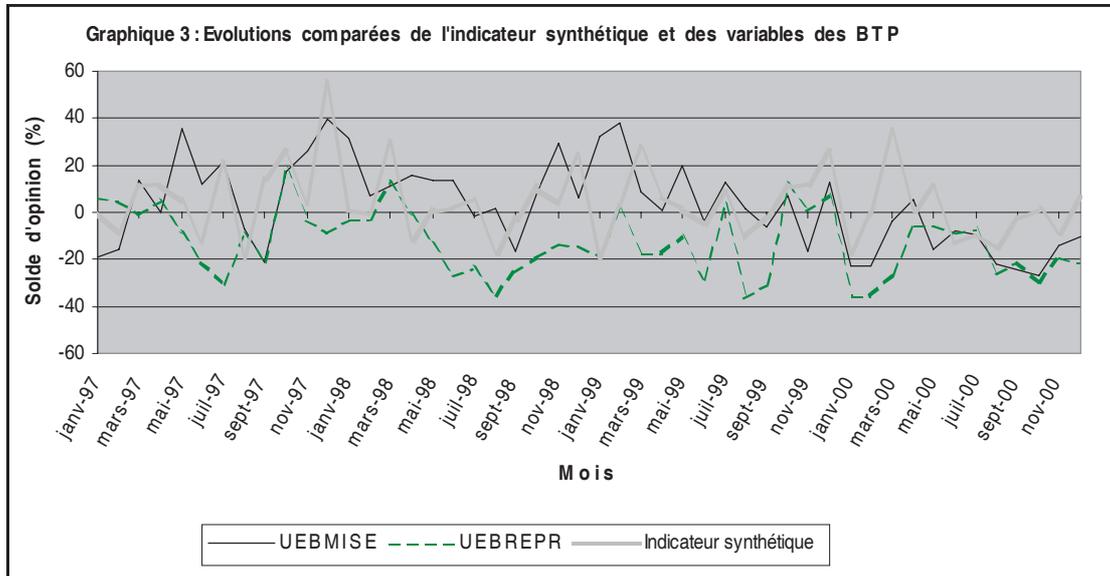
3.2.2.1 - Evolutions comparées de l'indicateur et des variables utilisées

Une comparaison des évolutions de l'indicateur synthétique à celles des variables utilisées dans sa construction est effectuée ci-après.

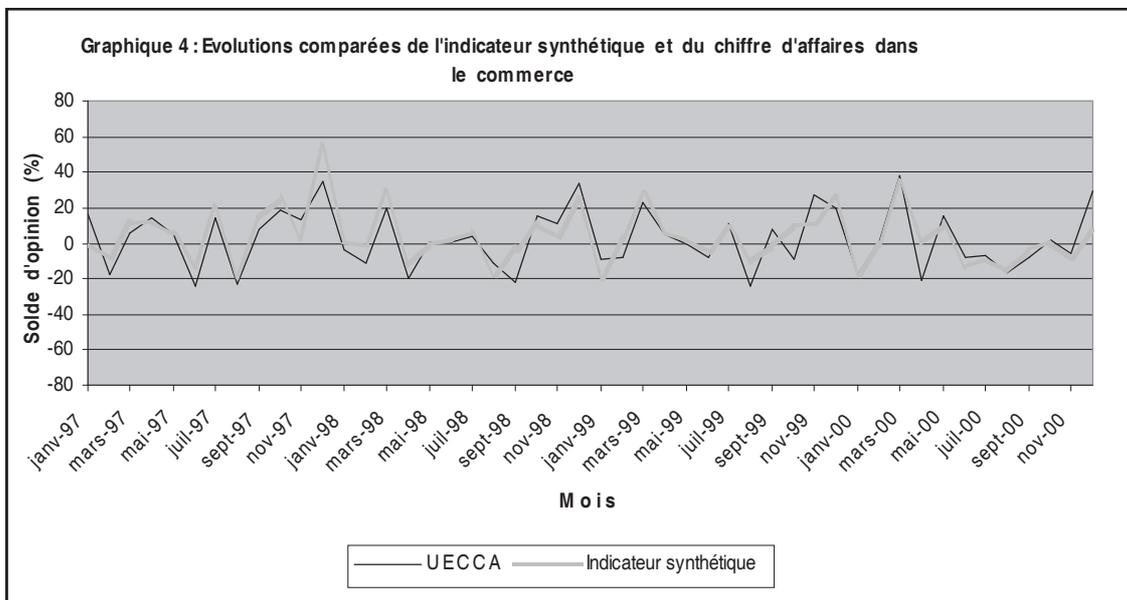
De façon générale, l'évolution de l'indicateur synthétique sur la période de l'étude (janvier 1997 - décembre 2000) est en phase avec celle des variables UEIPRO (production) et UEIDEM (demande globale) du secteur industriel. Toutefois, en août 1999 où ces deux variables ont des évolutions contradictoires, l'indicateur affiche un profil plus proche de celui de la production. Par contre en avril 1997, mars 1999 et octobre 2000, son évolution semble surtout refléter celle de la demande globale (confère graphique 2 ci-après).



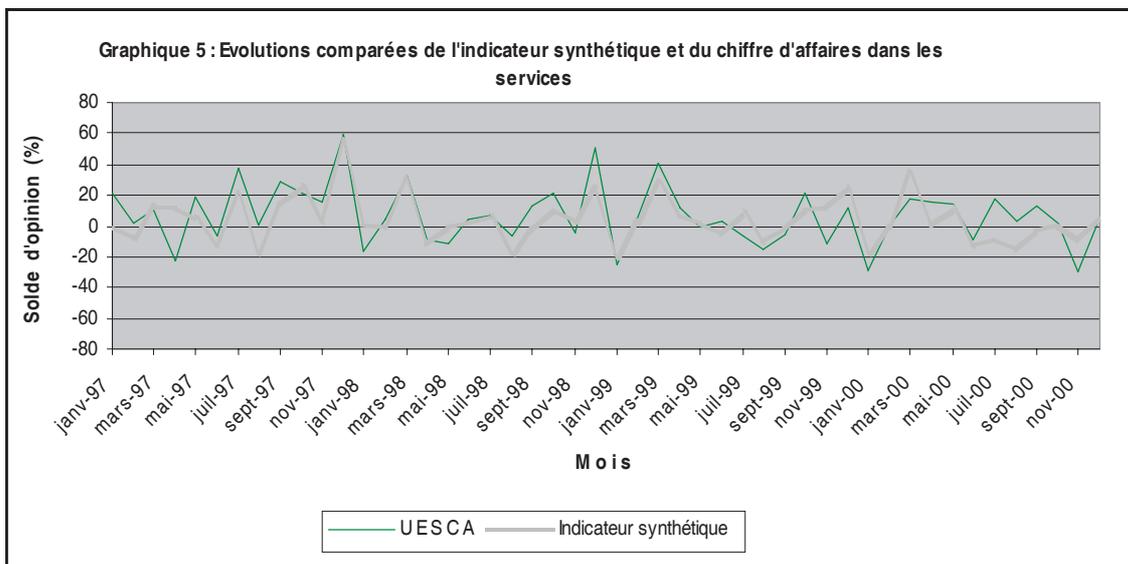
Les variables du secteur des bâtiments et travaux publics UEBMISE (mises en chantiers) et UEBREPR (reprises de chantiers) présentent des profils opposés à plusieurs dates, au cours de la période de référence. En effet, une augmentation des mises en chantiers correspond fréquemment à une diminution des reprises de chantiers. Par conséquent, l'indicateur synthétique n'a pu correctement résumer les évolutions de ces variables (confère graphique 3 ci-après).



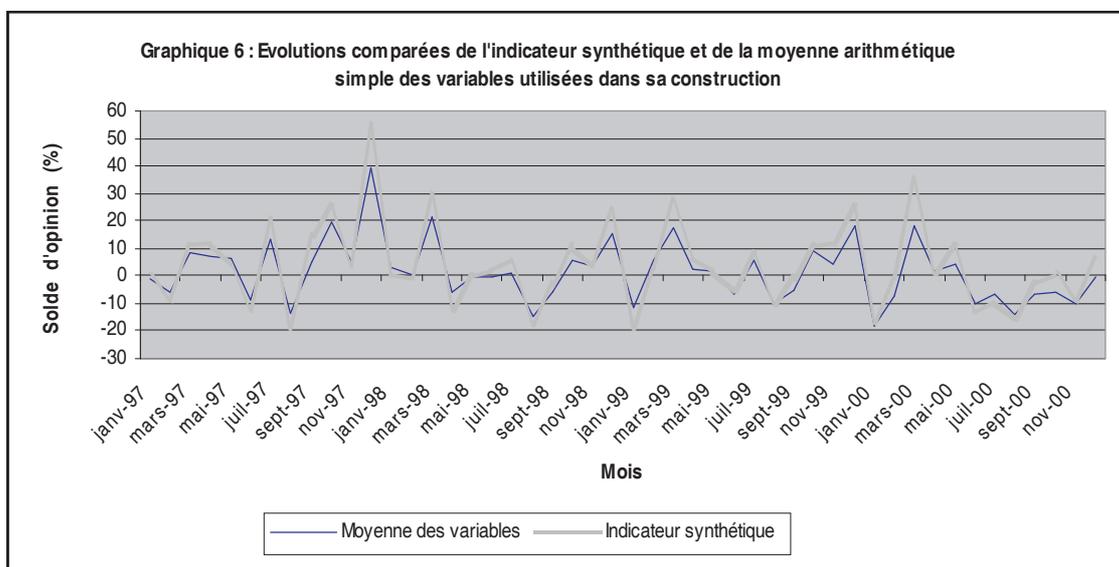
L'indicateur synthétique construit présente globalement sur la période de l'étude le même profil que le chiffre d'affaires dans le commerce. Toutefois, on constate qu'il est situé légèrement au-dessus de celui-ci jusqu'en avril 1998 (confère graphique 4 ci-après).



L'évolution de l'indicateur synthétique sur la période de l'étude présente également plusieurs similarités avec celle du chiffre d'affaires dans le secteur des services. Cependant, des différences plus ou moins marquées sont notées en avril 1997, novembre 1999 et de juillet à septembre 2000 (confère graphique 5 ci-après).



Par ailleurs, Il est à noter la forte similarité du profil de l'indicateur synthétique et de celui de la moyenne arithmétique simple des variables utilisées dans sa construction (confère graphique 6 ci-dessous). Le coefficient de corrélation linéaire des deux variables est de l'ordre de 0,97 (confère tableau A3.2 en annexe I). Ainsi, en cas de besoin, l'évolution de l'indicateur synthétique pourrait être approximée par celle de la moyenne arithmétique simple des variables utilisées dans sa construction.

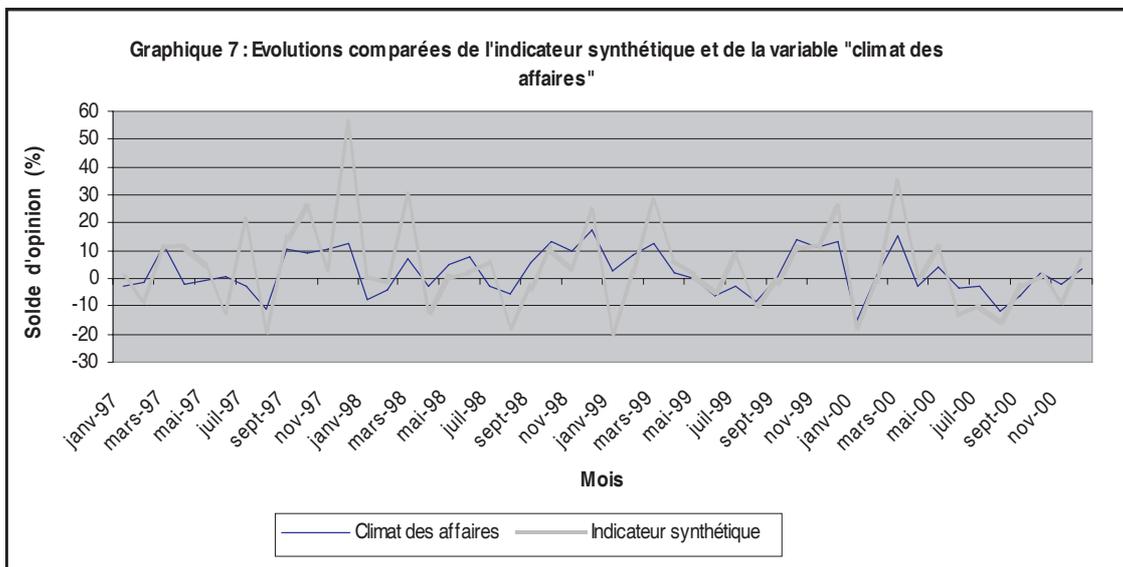


3.2.2.2 - Evolutions comparées de l'indicateur synthétique et de la variable "climat des affaires"

L'évolution globale de la conjoncture est appréhendée dans l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO à l'aide d'une variable synthétique dénommée " climat des affaires " obtenue par agrégation des opinions des entrepreneurs sur la situation de leur secteur d'activité, par

rapport au mois précédent. L'une des limites de cette variable comme instrument de diagnostic conjoncturel réside dans l'incompatibilité de son évolution et de celles des variables pertinentes des différents secteurs, à certaines périodes. En effet, il arrive quelquefois que la variation du " climat des affaires " au cours d'un mois, soit en contradiction avec celles des variables les plus importantes dans les différents secteurs.

La comparaison des évolutions de l'indicateur synthétique et de la variable "climat des affaires" vise à apprécier la performance globale de cette dernière sur la période de l'étude. Le graphique ci-dessous retrace, entre 1997 et 2000, les évolutions des deux variables.

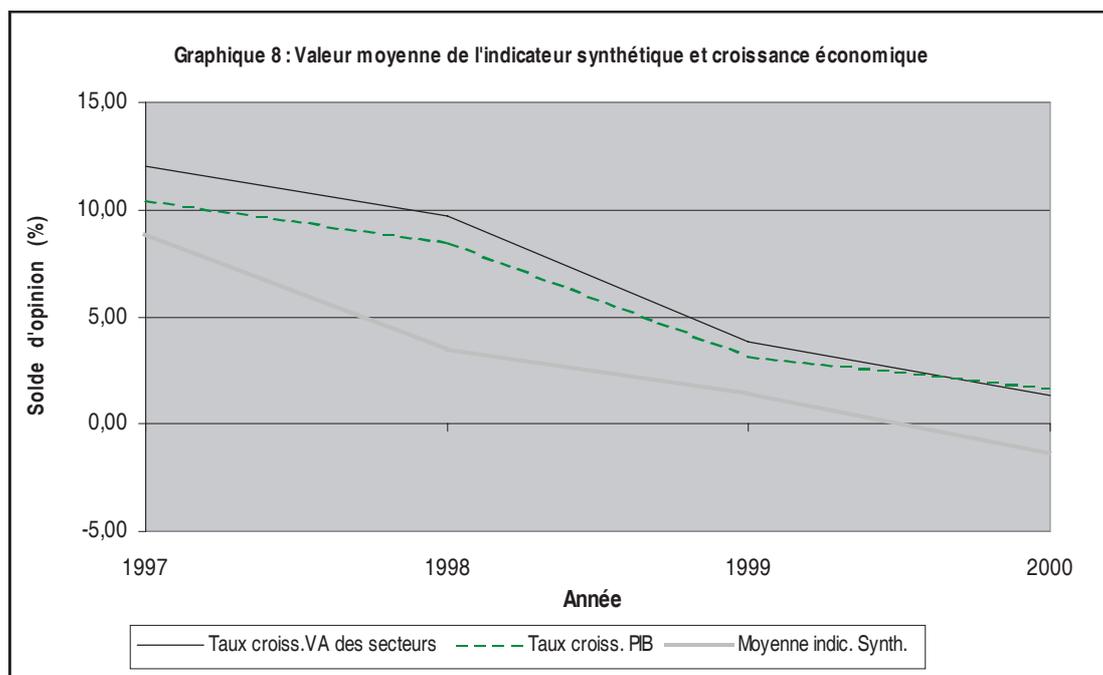


Il apparaît à travers ce graphique que l'indicateur synthétique et le " climat des affaires " présentent globalement la même tendance sur la période de l'étude, notamment à partir de 1998. Ainsi, il existe entre les deux variables, une liaison linéaire relativement forte, comme l'illustre leur coefficient de corrélation linéaire, qui est de 0,69 (confère tableau A3.2 en annexe I).

Il ressort donc de ce constat que la variable " climat des affaires " a permis de résumer l'évolution de la conjoncture économique dans les différents secteurs, de manière globalement satisfaisante sur la période 1997-2000.

3.2.2.3 - Appréciation de la tendance de la croissance économique à partir de l'indicateur synthétique

Au cours de la période 1997-2000, la valeur ajoutée des secteurs couverts par l'enquête mensuelle de conjoncture (EMC) a représenté en moyenne 57% du PIB nominal de l'UEMOA, hors Guinée Bissau (confère tableau A6 en annexe I). Les résultats fournis par l'EMC permettent donc d'appréhender l'évolution de la conjoncture pour une partie non négligeable de l'activité économique dans l'Union. En outre, sur la période de l'étude, il existe une forte corrélation entre le taux de croissance nominal du PIB des pays de l'Union couverts par l'EMC et celui de la valeur ajoutée des secteurs concernés par cette enquête (confère graphique 8 ci-dessous et tableau A3.3 en annexe I). Ainsi, les grandes tendances de l'activité économique dans l'UEMOA peuvent être cernées à partir des résultats de l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO.



Pour une année donnée, la valeur moyenne de l'indicateur synthétique traduit la moyenne des opinions des entrepreneurs sur la conjoncture, au cours de cette année. Plus cette valeur est élevée, plus les entrepreneurs considèrent favorablement la conjoncture. Réciproquement, une valeur moyenne faible de l'indicateur signale une opinion moins favorable des entrepreneurs sur la conjoncture.

Les résultats obtenus sur la période de l'étude font apparaître une forte corrélation linéaire⁸ entre la valeur moyenne de l'indicateur synthétique par an et le taux de croissance nominal du PIB des pays couverts par l'EMC (confère graphique 8 ci-dessus et tableau A3.3 en annexe I). Ainsi chaque mois, il est possible d'apprécier la tendance (accélération, stagnation, ralentissement) de la croissance économique, à partir de l'indicateur synthétique.

De 1997 à 2000, la croissance de l'activité économique a régulièrement baissé dans l'Union (hors Guinée Bissau), passant de 10,4% à 1,7%, en valeur nominale. Cette tendance est reflétée par une valeur moyenne de l'indicateur synthétique, décroissante sur la période, qui s'est établie à -1,4% en 2000, après son niveau de 8,8% en 1997.

⁸ : Le coefficient de corrélation linéaire obtenu est de l'ordre de 0,93. Il faut toutefois indiquer que la longueur de la série ne permet pas de tester la significativité et la stabilité de cette relation.

CONCLUSION

L'indicateur synthétique obtenu pour l'UEMOA résume de manière globalement satisfaisante, les variables utilisées dans sa construction. De même, il retrace assez correctement les tendances passées de la croissance économique sur la période de l'étude. Il pourrait donc être utilisé pour apprécier l'évolution à court terme de l'activité économique dans l'Union. En particulier, il pourrait servir d'indicateur avancé de la croissance dans les secteurs concernés par l'enquête mensuelle de conjoncture de la BCEAO.

Toutefois, il convient de souligner que la longueur de la série de données utilisées ne permet pas d'apprécier la significativité et la stabilité des résultats obtenus, notamment la relation établie entre l'évolution de l'indicateur synthétique et celle de l'activité économique. Ainsi, les travaux effectués devront être annuellement mis à jour, afin d'intégrer de nouvelles données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DOZ, C., LENGART, F. (1999) - Analyse factorielle dynamique : test du nombre de facteurs, estimation et application à l'enquête de conjoncture dans l'industrie, Annales d'Economie et Statistique, n° 54 - avril 1999.

GOURIEROUX, C., MONFORT, A. (1989) - Statistique et Modèles Econométriques, vol. 2, Economica.

LAWLEY, D.N., MAXWELL, A.E. (1971) - Factor Analysis as a Statistical Method, New York Macmillan Publishing Co., Inc.

MOUCHOT, Claude (1989) - Exercices Pédagogiques de statistique et économétrie, 2ème édition, Economica.

STOCK, J.H., WATSON, M.W. (1989) - New indexes of coincident and leading indicators, in NBER Macroeconomics Annual, Blanchard and Fisher Ed. MIT Press, Cambridge.

STOCK, J.H., WATSON, M.W. (1993) - A procedure for predicting recessions with leading indicators : econometric issues and recent experience, in Business cycles, indicators and forecasting, J.H. Stock and M.W. Watson Ed., University of Chicago Press.

VOLLE, Michel, (1997) - Analyse des données, 2ème édition, Economica.

Bulletin de la Banque de France, n° 73 - janvier 2000.

Note de conjoncture, INSEE, juin 2000.

Site internet de la Banque de France : <http://www.banque-france.fr>

Site internet de l'INSEE : <http://www.insee.fr>

Site internet de la Banque Nationale de Belgique : <http://www.bnb.be>

Site internet du Crédit Suisse : <http://www.creditsuisse.ch/fr>.

ANNEXE I

Tableau A1 : MSA de Kaiser des variables proposées pour la construction de l'indicateur

Variable	UEIPRO	UEIPPRO	UEIDEM	UEIPDEM	UEICOM	UEISTOCK	UEITRES
MSA	0.56	0.46	0.50	0.61	0.62	0.61	0.76

Variable	UEBMISE	UEBNCONT	UEBREPR	UEBINTER	UEBTRES	UECCA	UECPCA
MSA	0.71	0.30	0.72	0.37	0.36	0.52	0.51

Variable	UECCOM	UECSTOCK	UECTRES	UESCA	UESPCA	UESTRES
MSA	0.32	0.35	0.68	0.71	0.54	0.34

Tableau A2 : Résultats de l'analyse de la stationnarité des variables retenues

Variables	ADFc	ADFth	Trend	Constante	Retard	Conclusion
UEIPRO	-5.46	-1.95	Non	Non	0	I(0)
UEIDEM	-4.24	-2.92	Non	Oui	3	I(0)
UEIPDEM	-5.19	-2.92	Non	Oui	0	I(0)
UEICOM	-4.75	-3.51	Oui	Non	0	I(0)
UEISTOCK	-4.97	-3.51	Oui	Oui	0	I(0)
UEITRES	-5.52	-1.94	Non	Non	2	I(1)*
UEBMISE	-4.35	-3.50	Oui	Oui	1	I(0)
UEBREPR	-4.99	-2.92	Non	Oui	0	I(0)
UECCA	-3.15	-2.94	Non	Oui	11	I(0)
UECPCA	-2.96	-2.93	Non	Oui	4	I(0)
UECTRES	-3.75	-3.51	Oui	Oui	1	I(0)
UESCA	-3.54	-3.20	Oui	Oui	11	I(0)
UESPCA	-3.40	-3,19	Oui	Oui	6	I(0)**

N.B. : * test de Perron ; ** stationnarité au seuil de 10%.

Tableau A3.1 : Coefficients de corrélation linéaire des variables et du facteur commun

	FACTEUR	UEIPRO	UEIDEM	UEBMISE	UEBREPR	UECCA	UESCA
FACTEUR	1,00	0,78	0,77	0,31	0,31	0,83	0,72
UEIPRO	0,78	1,00	0,51	0,27	0,28	0,52	0,37
UEIDEM	0,77	0,51	1,00	0,01	-0,03	0,53	0,46
UEBMISE	0,31	0,27	0,01	1,00	0,33	0,16	0,16
UEBREPR	0,31	0,28	-0,03	0,33	1,00	0,21	0,17
UECCA	0,83	0,52	0,53	0,16	0,21	1,00	0,52
UESCA	0,72	0,37	0,46	0,16	0,17	0,52	1,00

Tableau A3.2 : Coefficients de corrélation linéaire de l'indicateur synthétique (IS) et des variables MOYVAR (moyenne arithmétique simple des variables utilisées dans sa construction) et CLAFF (climat des affaires)

	IS	MOYVAR	CLAFF
IS	1,00	0,97	0,69
MOYVAR	0,97	1,00	0,70
CLAFF	0,69	0,70	1,00

Tableau A3.3 : Coefficients de corrélation linéaire de la valeur moyenne annuelle de l'indicateur synthétique et du taux de croissance nominal des secteurs couverts par l'EMC de 1997 à 2000

	Moyenne de l'indicateur synthétique	Taux de croissance de la VA des secteurs couverts par l'EMC	Taux de croissance du PIB des pays couverts par l'EMC
Moyenne de l'indicateur synthétique	1,000	0,936	0,931
Taux de croissance de la VA des secteurs couverts par l'EMC	0,936	1,00	0,997
Taux de croissance du PIB des pays couverts par l'EMC	0,931	0,997	1,000

Tableau A4 : Valeur ajoutée totale des secteurs couverts par l'EMC par pays, de 1997 à 2000 (en milliards de F CFA)

	1997	1998	1999	2000
Bénin	600	665	708	792
Burkina	607	743	740	786
Côte d'Ivoire	3762	4066	4227	3968
Mali	626	703	738	805
Niger	515	585	575	625
Sénégal	1772	1924	2042	2161
Togo	446	447	458	475
Ensemble	8326	9134	9487	9612
Guinée-Bissau	72	42	44	48
UEMOA	8401	9177	9533	9663

Source : Base de Données Statistiques de la BCEAO.

Tableau A5 : PIB courant au prix du marché des pays couverts par l'EMC de 1997 à 2000 (en milliards de F CFA)

	1997	1998	1999	2000
Bénin	1250	1377	1470	1605
Burkina	1379	1479	1518	1561
Côte d'Ivoire	6234	6773	6833	6671
Mali	1423	1594	1671	1706
Niger	1083	1225	1243	1300
Sénégal	2509	2717	2893	3081
Togo	875	835	878	864
Ensemble	14753	15999	16506	16788
Guinée-Bissau	163	122	138	153
UEMOA	14916	16121	16645	16942

Source : Base de Données Statistiques de la BCEAO.

Tableau A6 : Taux de croissance nominaux du PIB et de la valeur ajoutée des secteurs couverts dans l'UEMOA par l'EMC de 1997 à 2000

	1997	1998	1999	2000
Valeur ajoutée des secteurs couverts par l'EMC	8326	9134	9487	9612
PIB des pays couverts par l'EMC	14753	15999	16506	16788
Part de la Valeur ajoutée des secteurs couverts par l'EMC dans le PIB	56,44	57,09	57,48	57,25
Taux de croissance de la valeur ajoutée des secteurs couverts par l'EMC	11,98	9,70	3,87	1,31
Taux de croissance du PIB des pays couverts par l'EMC	10,44	8,45	3,17	1,71
Valeur moyenne annuelle de l'indicateur synthétique	8,83	3,45	1,44	-1,39

ANNEXE II

Rappel de quelques notions

1 - Analyse factorielle : l'analyse factorielle "classique" a pour but de réaliser une description parcimonieuse d'un ensemble d'observations. Elle tente de représenter les variables étudiées dans un cadre linéaire en fonction d'un ensemble de variables latentes appelées facteurs ou *facteurs communs*. C'est une technique qui est appropriée lorsqu'un petit nombre de facteurs peut rendre compte d'une part importante de l'information contenue dans l'ensemble des variables initiales.

L'analyse en composante principale ou ACP est une méthode d'analyse factorielle utilisée pour étudier une matrice de corrélations ou pour étudier les distances. Elle comporte de nombreuses variantes.

2 - Estimateur : soit un échantillon de taille n d'une variable aléatoire (V.A.) X dont la loi de probabilité dépend d'un (ou de plusieurs) paramètre inconnu. On appelle *statistique* de cet échantillon, toute fonction $\varphi(X_1, X_2, \dots, X_n)$ des observations. On appelle *estimateur* du paramètre Θ , toute suite T de statistiques $T_n = \varphi_n(X_1, X_2, \dots, X_n)$, telle que $T_n \rightarrow \Theta$ lorsque $n \rightarrow +\infty$. Selon un usage établi (bien qu'incorrect), on appelle estimateur de Θ la $n^{\text{ième}}$ valeur de T , soit T_n .

Quelques propriétés d'un estimateur

L'estimateur T_n de Θ est dit **sans biais** si $E(T_n) = \Theta$, et **asymptotiquement sans biais** si $E(T_n - \Theta) \rightarrow 0$ lorsque $n \rightarrow +\infty$. Il est dit **convergent** s'il converge en probabilité vers Θ , c'est à dire si :

$$\forall \varepsilon > 0, \Pr(|T_n - \Theta| < \varepsilon) = 1, \text{ lorsque } n \rightarrow +\infty.$$

Une condition suffisante pour qu'un estimateur sans biais soit convergent est que sa variance tende vers zéro.

On dit qu'un estimateur convergent et sans biais du paramètre Θ est **efficace** si sa variance est minimale, c'est à dire si aucun estimateur convergent et sans biais ne peut lui être préféré selon le critère de la plus petite variance. Dans la pratique, il est très difficile de démontrer directement qu'un estimateur donné est efficace. On a alors recours au critère d'efficacité fourni par l'inégalité de Cramer-Rao.

3 - Vraisemblance : dans le cas d'une V.A. discrète, on appelle vraisemblance de l'échantillon, la probabilité d'avoir obtenu cet échantillon :

$$L(X_1, X_2, \dots, X_n) = \Pr(X = X_1) \cdot \Pr(X = X_2) \dots \Pr(X = X_n).$$

Dans le cas d'une V.A. continue, cette définition n'est plus possible puisque quelque soit la V.A. continue X , on a : $\Pr(X = x_0) = 0 \forall x_0$. On pose alors : $L(X_1, X_2, \dots, X_n) = f(x_1) \cdot f(x_2) \dots f(x_n)$, $f(x)$ étant la fonction de densité de la V.A. X considérée. La relation avec la définition précédente peut se faire de la façon suivante :

$$\Pr\left[\bigcap_{i=1}^n (x_i \leq X_i < x_i + dx_i)\right] = \prod_{i=1}^n [f(x_i) dx_i] = L(M) \cdot dM \quad \text{où}$$

$M(x_1, x_2, \dots, x_n)$ représente un point de $\square P^n$ et dM désigne symboliquement $dx_1 \cdot dx_2 \dots dx_n$; $\Pi f(x_i)$ n'est autre que la vraisemblance $L(M)$ de l'échantillon au point M .

L'estimation par la méthode du maximum de vraisemblance consiste à choisir, parmi tous les estimateurs possibles du paramètre inconnu, celui qui rend maximum la probabilité d'obtenir l'échantillon dont on dispose.

On montre que l'estimation par le maximum de vraisemblance conduit à un estimateur efficace, quand celui-ci existe.

Pour obtenir l'estimateur du maximum de vraisemblance, il suffit donc de déterminer la valeur du paramètre Θ qui rend maximum $L(M, \Theta)$. C'est la procédure classique de recherche du maximum d'une fonction. Cependant, du fait que $L(M, \Theta)$ apparaît toujours comme un produit, et que la transformation $L \rightarrow \text{Log } L$ est monotone croissante, on calcule la fonction $\text{Log } L$ que l'on maximise.

4 - Filtre de KALMAN : la méthode du filtre de KALMAN est utilisée dans l'estimation des modèles à facteurs dynamiques, lorsque le nombre de facteurs est fixé. Elle consiste, pour tout ensemble fixé des paramètres, à déterminer la meilleure prévision des variables à chaque date, compte tenu de l'information disponible à cette date.

ANNEXE III

Présentation de la méthode de DOZ et LENGLART

1 - Présentation du modèle

L'hypothèse sous-jacente à la construction du modèle est l'existence d'une composante commune qui expliquerait la plus grande partie des évolutions de chacune des variables. Dans ce cadre, chaque variable est considérée comme la somme d'un facteur commun et d'une composante spécifique (c'est à dire, propre à la variable considérée), ces termes étant inobservables.

Le modèle s'écrit alors sous la forme suivante :

$$y_{it} = \lambda_i F_t + u_{it}, \quad i = 1, \dots, n ; t=1, \dots, T. \quad (1)$$

où y_{it} désigne la valeur de la t-ième observation de la variable y_i , n le nombre de variables étudiées, T le nombre d'observations dont on dispose pour chaque variable et F_t , le facteur commun.

Il s'agit de l'utilisation dans un cas particulier (un seul facteur commun) du modèle plus général ci-après, décrivant les variables y_1, \dots, y_n en fonction de p ($p < n$) facteurs communs F_1, \dots, F_p :

$$y_{it} = m_i + \lambda_{i1} F_{1t} + \dots + \lambda_{ip} F_{pt} + u_{it}, \quad \text{pour } i=1 \text{ à } n \text{ et pour tout } t. \quad (2)$$

On suppose que les $(u_{it})_{t \leq T}$ sont indépendants entre eux et indépendants des facteurs :

$$\forall i \neq j, \forall (t,k) E(u_{it} u_{jk}) = 0 \text{ et } \forall (i,j) \forall (t,k) E(u_{it} F_{jk}) = 0.$$

On suppose en outre que :

$$\forall i, \forall t \neq k E(u_{it} u_{tk}) = 0 \text{ et } E(F_{1t} F_{tk}) = 0.$$

L'application du modèle à l'étude de données temporelles (y_{it}) n'est donc possible que dans le cas très restrictif où tous les processus (F_{jt}) et (u_{it}) sont supposés sans autocorrélation (c'est à dire sont des bruits blancs au sens faible).

A l'aide des notations matricielles suivantes :

$$Y_t = (y_{1t}, \dots, y_{nt})' ; F_t = (F_{1t}, \dots, F_{pt})' ; m = (m_1, \dots, m_n)' ; u_t = (u_{1t}, \dots, u_{nt})' ; \\ \Lambda = (\lambda_{ij})_{1 \leq i \leq n ; 1 \leq j \leq p}, \text{ on peut écrire le modèle sous la forme : } y_t = m + \Lambda F_t + u_t, \quad (3),$$

$$\text{avec } E F_t = 0, \quad E u_t = 0, \quad E(u_t u_t') = D = \text{diag}(d_1, \dots, d_n),$$

$$\forall (t,k), \quad E(F_t u_k') = 0,$$

$$\forall (t,k), \quad t \neq k, \quad E(F_t F_k') = 0,$$

$$\forall (t,k), \quad t \neq k, \quad E(u_t u_k') = 0.$$

Il convient de noter que le modèle considéré n'a d'intérêt que lorsque les variables y_i présentent une forte corrélation car il permet dans ce cas d'analyser la structure de cette corrélation. Plus précisément, les facteurs rendent compte des corrélations entre variables, alors que chaque u_{it} représente une source de variation affectant la seule variable y_{it} .

u_i est appelé composante spécifique de la variable y_i . Les λ_{ij} sont appelés les pondérations (loadings) des facteurs : chaque λ_{ij} représente la contribution du facteur F_j au comportement de la variable y_i .

Dans la formulation considérée, les facteurs ne sont définis qu'à une transformation linéaire près, sous réserve de modifier la matrice des pondérations.

Dans la pratique, lors de l'estimation, une solution unique est obtenue en ajoutant des contraintes identifiantes sur les facteurs.

On suppose dans le modèle le plus classique que les facteurs sont non corrélés entre eux (cette hypothèse peut ensuite être levée) et de variance unitaire (ce qui ne restreint pas la généralité du modèle puisque les facteurs n'interviennent qu'à un facteur multiplicatif près). Ainsi donc, on ajoute au modèle précédent, l'hypothèse :

$E(F_t F_t') = Id$. Il en découle les relations suivantes :

$$V y_t = \Sigma = \Lambda \Lambda' + D, \quad (4)$$

$$\text{soit : } V y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij}^2 + d_i, \text{ pour } i = 1 \text{ à } n. \quad (5)$$

Σ est la matrice de variance-covariance théorique du modèle. Chaque λ_{ij}^2 représente la part de la variation de y_i qui est expliquée par le facteur F_j , et $h_i^2 = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij}^2$ représente la contribution totale des facteurs (ou "communalité") à la variance de y_i . De même, la variance d_i de u_i est la part de la variance de y_i qui ne peut pas être expliquée par les facteurs communs.

2 - Estimation du modèle

Deux types de méthode sont généralement utilisés pour estimer le modèle : l'analyse factorielle principale (principal factor analysis) et la méthode du maximum de vraisemblance sous l'hypothèse de normalité (cf. LAWLEY et MAXWELL [1971] pour une présentation complète).

La première ne nécessite aucune connaissance sur le nombre de facteurs à retenir, alors que ce nombre doit être déterminé a priori pour la mise en œuvre de la seconde. En revanche, la méthode de maximum de vraisemblance fournit des estimateurs asymptotiquement efficaces des paramètres. Ce qui n'est pas le cas de l'analyse factorielle principale.

En pratique, les deux méthodes sont utilisées en les combinant. Dans une première étape, l'analyse factorielle principale fournit un critère permettant de choisir un nombre de facteurs qui semble pertinent. Dans une deuxième étape, il est alors possible de mettre en œuvre la méthode de maximum de vraisemblance (par le filtre de KALMAN, par exemple) en utilisant le nombre de facteurs précédemment identifié. En outre, un test du rapport de vraisemblance permet, dans ce cadre statique, de vérifier si le nombre de facteurs retenus est correct.

La mise en œuvre de l'analyse factorielle principale revient à effectuer une analyse en composantes principales (ACP) "particulière". En effet, cette ACP porte non pas sur la matrice de corrélation, mais sur la matrice dite de corrélation réduite : les termes hors diagonale de cette matrice sont égaux aux corrélations entre variables, mais les éléments diagonaux (qui correspondent aux λ_{ij}^2) sont fixés, en première approximation, aux valeurs des corrélations canoniques de chaque variable avec l'ensemble des autres. On est alors conduit à calculer les valeurs propres de cette matrice, et le nombre de facteurs à retenir est choisi en fonction de la taille de ces valeurs propres.

Ainsi, l'analyse factorielle statique peut utilement précéder la phase de modélisation proprement dite, afin que le modèle estimé par le filtre de KALMAN comporte un nombre de facteurs adapté aux données.

3 - Convergence des estimateurs obtenus dans l'analyse factorielle statique

DOZ et LENGART ont montré que les estimateurs des paramètres obtenus par une méthode statique (c'est à dire ne tenant pas compte de l'autocorrélation des facteurs et des composantes spécifiques) sont convergents dans un cadre dynamique lorsque les données temporelles utilisées sont stationnaires.

Dans leur démonstration, ils ont supposé que chacun des processus réels (F_{it}) et (u_{it}) est stationnaire au sens faible et peut donc présenter de l'autocorrélation. La stationnarité des (F_{it}) et (u_{it}) entraîne en particulier celle des (y_{it}). Toutefois, l'estimation du modèle a été effectuée à l'aide d'une procédure standard de maximum de vraisemblance, comme s'il n'y avait pas d'autocorrélation, en généralisant la méthode de GOURIEROUX et MONFORT [1989].

Il faut noter que la procédure du maximum de vraisemblance utilisée sans tenir compte de l'autocorrélation des variables fournit des estimateurs asymptotiquement normaux mais non asymptotiquement efficaces. Une amélioration de ces estimateurs peut être réalisée en changeant la fonction objectif, mais ceci ne permettrait plus d'utiliser la procédure standard de l'analyse factorielle.

4 - Procédure de test du nombre de facteurs dans un modèle dynamique

La procédure présentée par DOZ et LENGART permet de tester l'hypothèse (nulle) que les données sont compatibles avec un modèle à p facteurs communs. Elle est fondée sur la loi asymptotique du vecteur du pseudo-score obtenu à partir de la maximisation de la pseudo-vraisemblance du modèle. L'hypothèse nulle à tester est la compatibilité de Σ (matrice de variance-covariance théorique du modèle) avec un modèle à p facteurs, sous l'hypothèse alternative que Σ est non contrainte.

La statistique du test du pseudo-score obtenue suit une loi de chi-deux à r degrés de liberté avec $r = [(n-p)^2 - (n+p)]/2$. On peut montrer que r est aussi égal au nombre de contraintes testées.

Il faut signaler que la procédure de test présentée est conçue comme une étape préliminaire visant à déterminer le nombre de facteurs pertinents dans le modèle. Dans une deuxième étape, la dynamique des variables traitées est explicitement prise en compte, de façon à obtenir des estimateurs asymptotiquement efficaces. On procède alors à une estimation par le filtre de KALMAN, méthode employée pour l'estimation des modèles à facteurs dynamiques, lorsque le nombre de facteurs est fixé (voir par exemple STOCK et WATSON [1989, 1993]).

5 - Application de la méthode à l'Enquête mensuelle d'activité de l'INSEE

DOZ et LENGART ont appliqué leur méthode aux données de l'enquête mensuelle d'activité dans l'industrie publiée par l'INSEE. Le test sur le nombre de facteurs a permis de montrer qu'un seul facteur pouvait résumer l'information contenue dans les séries (l'hypothèse nulle d'un modèle à un seul facteur n'ayant pas été rejetée). Un "indicateur résumé" de l'enquête a alors été estimé par le filtre de KALMAN.

Ils ont ainsi montré que le cadre des modèles à facteurs dynamiques fournit une sorte de grille d'interprétation de l'enquête mensuelle, passant par l'analyse des évolutions de l'indicateur résumé et par l'utilisation, le cas échéant, des informations supplémentaires apportées par les composantes spécifiques de chaque solde d'opinion.

Les données utilisées sont les réponses à six questions de l'enquête de conjoncture de l'INSEE dans l'industrie sur la période allant de mars 1976 à mars 1997. Ces questions concernent les opinions portant sur :

- la tendance passée de la production personnelle ;
- la tendance prévue de la production personnelle ;
- la demande et les carnets de commande globaux ;
- la demande et les carnets de commande en provenance de l'étranger ;
- les stocks ;
- les perspectives générales d'activité.

L'indicateur ainsi calculé, apparaît comme une sorte de climat général rendant compte de l'information commune contenue dans les différents soldes d'opinion. Il figure depuis juin 2000 dans les notes mensuelles de conjoncture publiées par l'INSEE sous la dénomination d'"indicateur synthétique du climat des affaires". Son évolution est utilisée pour résumer la phase conjoncturelle qui influe sur l'ensemble des soldes d'opinion de l'enquête.

L'analyse factorielle présente également l'intérêt d'isoler la part de l'information spécifiquement apportée par chaque solde d'opinion (chacune des composantes spécifiques estimées ne pouvant être assimilée à un simple bruit blanc). Ce faisant, elle fournit une sorte de grille de lecture complète de l'enquête.

Par ailleurs, Catherine DOZ, Fabrice LENGART et Pascal RIVIERE ont utilisé la même méthode pour construire un indicateur équivalent pour la zone euro⁹.

9 : Cf. INSEE, note de conjoncture - juin 2000, dossier : "deux indicateurs synthétiques de l'activité industrielle dans la zone euro".

Liste des dossiers, études et recherches publiés dans les Notes d'Information et Statistiques (NIS)

BCEAO (1994) :

- "Principales orientations et caractéristiques du Traité de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA)" ;
- "La Répartition des compétences entre les Etats, les organes et les institutions de l'UEMOA" ;
- "L'Articulation du Traité de l'UEMOA avec les dispositions de la CEDEAO et les chantiers sectoriels de la Zone Franc" ;
- "L'Union Douanière et ses implications" ;
- "L'Harmonisation de l'environnement juridique de l'activité économique" ;
- "L'Harmonisation du cadre juridique des finances publiques et des législations fiscales" ;
- "L'Harmonisation des statistiques de prix et de l'ensemble des statistiques" ;
- "L'Organisation de la conférence des politiques budgétaires et d'endettement" ;
- "L'Organisation des autres volets de la politique économique" ;
- "Les Etudes relatives aux politiques sectorielles communes et au programme minimum de politiques communes de production et d'échange des pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA)" ;
- "Le Marché Financier Régional" ;
- "La Centrale des bilans", (443), décembre.

BCEAO (1995) : "L'Investissement et l'amélioration de l'environnement économique dans les pays de l'UEMOA", (446), mars.

BCEAO (1995) : "L'Environnement réglementaire, juridique et fiscal de l'investissement dans les pays de l'UEMOA", (449), juin.

BCEAO (1995) :

- "La Conduite de la politique monétaire dans un contexte en mutation" ;
- "La Programmation monétaire" ;
- "La Politique de taux d'intérêt dans l'UMOA" ;
- "Le Marché Monétaire de l'UMOA" ;
- "La Titrisation des concours consolidés" ;
- "Le Système des réserves obligatoires dans l'UMOA" ;
- "Les Accords de classement" ;
- "Le Financement de la campagne agricole", (451), août-septembre.

BCEAO (1995) : "Coordination des politiques économiques et financières dans la construction de l'UEMOA : le rôle de la politique monétaire", (454), décembre.

BCEAO (1996) : "Evolution du système bancaire dans le nouvel environnement de l'UEMOA", (457), mars.

BCEAO (1996) : "Compte Rendu du 2ème Colloque BCEAO / Universités / Centres de Recherche", (460), juin.

BCEAO (1996) : "Définition et formulation de la politique monétaire", (462), août-septembre.

Doe L. et S. Diarisso (1996) : "Une Analyse empirique de l'inflation en Côte d'Ivoire", (465), décembre.

Dièye A. (1997) : "La Compétitivité de l'économie sénégalaise", (468), mars.

BCEAO (1997) : "La Régulation de la liquidité en Union Monétaire", (471), juin.

BCEAO (1997) : "Performances économiques récentes des pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine", (473), août-septembre.

- Doe L. et M. L. Diallo (1997) : "Déterminants empiriques de l'inflation dans les pays de L'UEMOA", (476), décembre.
- Dossou A. (1998) : "Analyse économétrique de la demande de monnaie au Bénin et au Ghana", (479), mars.
- Doe L. et S. Diarrioso (1998) : "De l'origine monétaire de l'inflation dans les pays de l'UEMOA", (480/481/482), avril/mai/juin.
- Diop P. L. (1998) : "L'impact des taux directeurs de la BCEAO sur les taux débiteurs des banques", (483/484), juillet/août/septembre.
- Edjéou K. (1998) : "La division internationale du travail en Afrique de l'Ouest : une analyse critique", (487), décembre.
- Doe L. (1999) : "De l'endogénéité de la masse salariale dans les pays de l'UEMOA", (490), mars.
- Ténou Kossi (1999) : "Les déterminants de la croissance à long terme dans les pays de l'UEMOA", (493), juin.
- Timité K. M. (1999) : "Modèle de prévision de billets valides et de demande de billets aux guichets de l'Agence principale d'Abidjan", (495), Août/Septembre.
- Ouédraogo O. (1999) : "Contribution à l'évaluation des progrès de l'intégration des pays de l'UEMOA : une approche par les échanges commerciaux", (498), décembre.
- Sogué D. et Samba M. O. (2000) : "Les conditions monétaires dans l'UEMOA : confection d'un indice communautaire", (501), Mars.
- Touré M. (2000) : "Une méthode de prévision des prix : application à l'indice des prix à la consommation des ménages à Bamako", (504), juin.
- Diop P. L. (2000) : "Estimation de la production potentielle de l'UEMOA", (506), août/septembre.
- Koné S. (2000) : "L'impact des politiques monétaire et budgétaire sur la croissance économique dans les pays de l'UEMOA", (509), décembre.
- BCEAO (2001) : "Evaluation de l'impact des chocs exogènes récents sur les économies de l'UMOA", (512), mars.
- Ouédraogo O. (2001) : "Conjoncture économique et créances douteuses bancaires : une analyse appliquée à l'UMOA", (515), juin.
- BCEAO (2001) : "Outils d'analyse de la pauvreté", (517), août/septembre.
- Samba M. O. (2001) : "Modèle intégré de projection macro-économétrique et de simulation pour les Etats membres de l'UEMOA (PROMES) : cadre théorique", (520), décembre.
- Ténou K. (2002) : "La règle de Taylor : un exemple de règle de politique monétaire appliquée au cas de la BCEAO", (523), mars.
- Nubukpo K. K. (2002) : "L'impact de la variation des taux d'intérêt directeurs de la BCEAO sur l'inflation et la croissance dans l'UMOA", (526), juin.
- Abdou R. (2002) : "Les déterminants de la dégradation du portefeuille des banques : une approche économétrique et factorielle appliquée au système bancaire nigérien", (528), août/septembre.
- Diop P. L. (2002) : "Convergence nominale et convergence réelle : une application des concepts de σ -convergence et de b -convergence aux économies de la CEDEAO", (531), décembre.

NOTE AUX AUTEURS

PUBLICATION DES ETUDES ET TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LES NOTES D'INFORMATION ET STATISTIQUES DE LA BCEAO

La Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest publie trimestriellement, dans les Notes d'Information et Statistiques (N.I.S.), un volume consacré aux études et travaux de recherche.

I - MODALITES

1 - L'article à publier doit porter notamment sur un sujet d'ordre économique, financier ou monétaire et présenter un intérêt scientifique avéré en général, pour la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO) ou les Etats membres de l'Union Monétaire Ouest Africaine (UMOA) en particulier.

2 - La problématique doit y être clairement présentée et la revue de la littérature suffisamment documentée. Il devrait apporter un éclairage nouveau, une valeur ajoutée indéniable en infirmant ou confirmant les idées dominantes sur le thème traité.

3 - L'article doit reposer sur une approche scientifique et méthodologique rigoureuse, cohérente et pertinente et sur des informations fiables.

4 - Il doit être original ou apporter des solutions originales à des questions déjà traitées.

5 - Il ne doit avoir fait l'objet ni d'une publication antérieure ou en cours, ni de proposition simultanée de publication dans une autre revue.

6 - Il est publié après accord du Comité de validation et sous la responsabilité exclusive de l'auteur.

7 - Il doit être rédigé en français, avec un résumé en français et anglais.

8 - Le projet d'article doit être envoyé en un exemplaire sur support papier, à l'adresse ci-après :

Direction de la Recherche et de la Statistique
Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO)
BP 3108
Dakar Sénégal

Si l'article est retenu, la version finale devra être transmise sur support papier et sur minidisque (3½ pouces) en utilisant les logiciels Word version 8.0 (Word 97) pour les textes et Excel version 8.0 (Excel 97) pour les tableaux et graphiques.

II - PRESENTATION DE L'ARTICLE

1 - Le volume de l'article imprimé en recto uniquement, ne doit pas dépasser une vingtaine de pages (caractères normaux et interligne 1,5 ligne).

2 - Les informations ci-après devront être clairement mentionnées sur la page de garde :

- le titre de l'étude,
- la date de l'étude,
- les références de l'auteur :
 - * son nom,
 - * son titre universitaire le plus élevé
 - * son appartenance institutionnelle,
 - * ses fonctions,

- un résumé en anglais de l'article (15 lignes au maximum)

- un résumé en français (20 lignes au maximum).

3 - **Les références bibliographiques** figureront

- **dans le texte**, en indiquant uniquement le nom de l'auteur et la date de publication,

- **à la fin de l'article**, en donnant les références complètes, classées par ordre alphabétique des auteurs (nom de l'auteur, titre de l'article, titre de la revue, date de publication, etc.).