

UNIVERSITÉ DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES

UFR DES SCIENCES SOCIALES

**ÉTUDE CRITIQUE ET RÉFLEXIVE DE L'ÉCONOMÉTRIE
DES SÉRIES TEMPORELLES (1974 – 1982)**

Mémoire pour l'Habilitation à Diriger des Recherches

Soutenue le 7 juillet 2015

**Véronique Meuriot
UMR 5281 ART-Dev**

JURY

Frédéric LEBARON, professeur, Université Versailles Saint-Quentin (Garant)

Yves GINGRAS, professeur, université du Québec à Montréal, Canada

Olivier MARTIN, professeur de sociologie, université Paris

David F. HENDRY, professeur, université d'Oxford, UK

Michel FLIESS, Directeur de Recherche CNRS, École Polytechnique

SOMMAIRE

1. PARCOURS PROFESSIONNEL	5
<hr/>	
1.1. CURRICULUM VITAE	7
1.2. ITINERAIRE SCIENTIFIQUE	9
1.3. LISTE DES PUBLICATIONS	13
1.4. STAGE	18
1.5. CONTRATS DE RECHERCHE	18
1.6. ENSEIGNEMENTS UNIVERSITAIRES	19
1.7. DIRECTION D'ÉTUDIANTS	20
1.8. COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES	22
1.9. RESPONSABILITES SCIENTIFIQUES	24
2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES	27
<hr/>	
REPERES	29
2.1. INTRODUCTION : UNE ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES RAISONNEE	31
2.2. UNE ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES EMPIRIQUE	37
2.3. UNE HISTOIRE DES CONCEPTS DES SERIES TEMPORELLES	69
2.4. UNE INTERPRETATION DE L'ÉCONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES PAR LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES	75
2.5. UNE INTERPRETATION DE L'ÉCONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES PAR LA SOCIOLOGIE DES SCIENCES : LE CHAMP SCIENTIFIQUE	95
2.6. ÉCONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES ET SOCIOLOGIE : DE LA LOGIQUE DU TIERS INCLUS A LA TRANSDISCIPLINARITE	147
2.7. CONCLUSION	160
2.8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	164
2.9. ANNEXE	172

1. PARCOURS PROFESSIONNEL

1.1. CURRICULUM VITAE

Véronique MURCIA épouse MEURIOT
CIRAD, Département « Environnements et Sociétés »
UMR 5281, ART-Dev (CNRS, CIRAD, UM1, UM3)
TA C-113/15 – 34398 Montpellier Cedex 5
04.67.61.56.35

ECONOMISTE

CHERCHEUR EN ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES

INGENIEUR DE RECHERCHE EN CALCUL SCIENTIFIQUE (ECONOMETRIE / STATISTIQUES)

FORMATION UNIVERSITAIRE

2000	Ingénieur de Recherche en Calcul scientifique (Économétrie / Statistiques) – <i>Lauréate du concours national</i>
1994	Qualifiée aux fonctions de Maître de Conférences
1993	Docteur en Sciences économiques de l'université Montpellier 1
1988	D.E.S.S. en Information Économique et Sociale
1987	Maîtrise en Sciences économiques option économétrie

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

Depuis 2006 Ingénieur de recherche détachée au CIRAD sur des fonctions de **chercheur en Économétrie** – UMR 5281 Art-Dev, Département « Environnements et Sociétés ».

Missions : les travaux s'inscrivent dans l'économie du développement et plus particulièrement dans l'analyse des mécanismes de transmission entre les économies et les marchés.

- Étude pour le PAM-Niger : Analyse des marchés agricoles en relation avec la sécurité alimentaire des ménages au Niger.
- Atelier de réflexion « Le rôle du marché du riz dans la formation des prix des vivriers – une analyse Sénégal, Mali, Guinée » du 9 au 13 janvier 2012. Cet atelier devrait déboucher sur la poursuite de travaux avec les trois pays et la formation en thèse de deux chercheurs africains.
- Projet de la fondation FARM : étude interministérielle sur la transmission de la hausse des prix internationaux sur les prix des producteurs d'Afrique subsaharienne : analyse économétrique de la transmission (modélisation dynamique par pays).
- Recherches fondamentales et appliquées en séries temporelles et philosophie et histoire des sciences.
 - ✓ correspondance avec le Professeur C.W.J. Granger, prix Nobel d'économie 2003,
 - ✓ rédaction d'un ouvrage sur l'histoire des séries temporelles.

Formations en statistiques (analyse de données) : mise en place d'un programme de formation en méthodes statistiques (statistiques descriptives, économétrie et

modélisation, analyse factorielle des données, méthode PLS) pour les chercheurs du CIRAD, département Environnements et Sociétés, mise en place de formations statistiques (appui méthodologique) pour les étudiants de l'Institut des Régions Chaudes.

- 1999/2006 **Ingénieur de Recherches** au Rectorat de l'Académie de Montpellier
Missions : Mise en place et suivi des politiques ministérielles dans l'enseignement supérieur en collaboration avec les universités de l'académie.
Réflexion et mise en place des politiques ministérielles dans les établissements du second degré de l'académie.
Participation aux ateliers ministériels de réflexion méthodologique (membre fondateur) et correspondante académique.
Gestion prévisionnelle du personnel enseignant du second degré. Suivi longitudinal des enseignants du second degré. Modélisation des flux des personnels enseignants : calibrage des concours de recrutement disciplinaires, évaluation des départs à la retraite par discipline et corps d'enseignement. Organisation du mouvement académique annuel des affectations disciplinaires et géographiques des enseignants.
- 1998/99 **Chargée d'Études Économiques** au Rectorat de l'Académie de Montpellier
Missions : Traitement des données académiques pour la mise en place de la déconcentration du mouvement des enseignants du second degré. Évaluation des besoins de remplacement des enseignants du second degré dans l'académie. Traitement des données des étudiants inscrits dans l'académie (en parallèle avec les travaux de la Chancellerie) : diplômes, filières. Élaboration et rédaction de la Note d'Information sur les effectifs des Classes Préparatoires aux Grandes Écoles. Participation aux ateliers de réflexion sur le Plan U3M ; élaboration et rédaction des documents de travail.
- 1996/97 **Chargée d'Études Économiques** à l'Observatoire Permanent de l'Évolution des Qualifications de Champagne-Ardenne (O.P.E.Q.)
Missions : Études de faisabilité pour l'ouverture de sections d'enseignement technique (à la demande de l'Académie de Reims). Études statistiques sectorielles sur les formations financées par le F.S.E. et exploitation des résultats pour les Plans Régionaux Des Formations des Jeunes (P.R.D.F.J.) du Conseil Régional de Champagne-Ardenne. Étude statistique sur l'*historique* des jeunes en contrat de qualification.
Réalisation et exploitation d'enquêtes économiques pour diverses branches professionnelles.
- 1992/93 **Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche** à l'Université Montpellier 1
1988/89 **Chargée d'Études Économiques** à la Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie du Languedoc-Roussillon
Missions : Élaboration d'un service de veille technico-économique (création du Centre d'Observation, de Documentation et d'Information sur les Marchés : C.O.D.I.M). Exploitation de données pour les professionnels. Réalisation d'études documentaires de marché dans divers domaines techniques.

1.2. ITINERAIRE SCIENTIFIQUE

Mon parcours professionnel se décompose en trois temps. Entre deux périodes de recherches fondamentales, j'ai occupé les fonctions d'ingénieur de recherches en économétrie / statistiques au rectorat de l'académie de Montpellier.

Chercheur au LAMTA (université Montpellier 1) de 1990 à 1995

J'ai d'abord été chercheur au LAMTA, *père* du LAMETA actuel, dans lequel j'ai été membre fondateur de la cellule d'économétrie (Centre d'Économétrie pour l'Entreprise : CEPE) avec le professeur Michel TERRAZA. Au cours de ces cinq années, j'ai réalisé ma thèse de doctorat (MURCIA, 1993), j'ai écrit plusieurs publications pour des revues internationales à comité de lecture (MURCIA, 1994a et 1995a), j'ai publié dans des actes de colloques (MURCIA, 1991a, 1991b, 1993a, 1994b) et j'ai écrit un chapitre d'ouvrage (MURCIA, 1995b). J'ai essentiellement travaillé sur la modélisation dynamique étant donné que mes problématiques concernaient des marchés de matières premières en déséquilibre. À cette époque, les travaux de GRANGER sur la cointégration et de SIMS sur la modélisation vectorielle autorégressive étaient peu connus en France. La recherche ne bénéficiait pas encore d'Internet, et les publications parvenaient *lentement* dans les bibliothèques universitaires... C'est pourquoi, lorsque j'ai soutenu ma thèse en octobre 1993, le professeur Daniel SERRA (président du jury) soulignait dans son rapport qu'il s'agissait de premiers travaux en France sur le sujet. De la même façon, il était important de confronter ces analyses dans les colloques internationaux.

Cette recherche a porté sur une compréhension des « nouveaux » concepts des séries temporelles. J'avais l'opportunité de pénétrer dans un domaine en pleine mutation. Je me suis alors attachée à utiliser ces combinaisons de méthodes pour apporter un nouvel éclairage aux problématiques économiques sur lesquelles je travaillais, à savoir les déséquilibres sur les marchés des matières premières. J'ai ainsi pu collaborer avec Walter C. LABYS, professeur en ressources économiques à l'université de West Virginia (USA) et contribuer à lancer un programme de recherche international sur les matières premières. Walter C. LABYS était alors expert à l'ONU où il a présenté mes travaux sur le pétrole, Pierre SPANHI – alors professeur d'économie à l'université d'Edimbourg – était venu me rencontrer pour travailler sur le marché communautaire du vin.

Au cours de cette période, j'ai enseigné en qualité de vacataire et d'Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'université Montpellier 1 et à l'université Montpellier 3. J'ai démarré par l'enseignement des méthodes et statistiques de l'économétrie, les mathématiques et les statistiques, puis la politique économique, l'économie monétaire, l'analyse économique et la macroéconomie, sans oublier l'histoire de la pensée économique, la microéconomie... toutes les disciplines des sciences économiques. Ces enseignements concernaient les étudiants de premier et second cycles.

J'ai ensuite exercé les fonctions d'ingénieur de recherche au rectorat de l'académie de Montpellier, comme chargée d'études auprès du recteur tout d'abord (1998 / 1999), puis comme correspondante en méthodologie avec le ministère de l'Éducation Nationale. Ces fonctions au sein d'une administration déconcentrée de l'État, si elles permettent parfois une recherche, ne peuvent pas faire l'objet de publications scientifiques. **Les travaux et rapports sont « anonymes » et pour le seul compte du ministère.** Je n'ai donc aucune publication à mon nom au cours de cette période.

En tant que chargée d'études :

- Je m'occupais du traitement des données académiques pour la mise en place de la déconcentration du mouvement des enseignants du second degré et de l'évaluation des besoins de remplacement de ces enseignants dans l'académie. Ce travail a été réalisé à partir d'une exploitation des bases de données académiques et ministérielles. Les cadres d'analyse étaient fixés par les instances ministérielles et j'ai parfois dû les remettre en cause, soulevant des vices de fonctionnement, de calculs...
- Un autre volet concernait l'université : le traitement des données des étudiants inscrits dans l'académie en parallèle avec les travaux de la Chancellerie (diplômes, filières), l'élaboration et la rédaction de la Note d'Information sur les effectifs des Classes Préparatoires aux Grandes Écoles. J'ai également participé aux ateliers de réflexion sur le Plan U3M au cours desquels j'ai là aussi été amenée à élaborer et rédiger plusieurs documents de travail.

En tant qu'ingénieur de recherche, mon activité s'est exercée directement avec les cellules ministérielles, notamment avec l'actuelle Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. J'ai ainsi contribué à :

- La mise en place et au suivi des politiques ministérielles dans l'enseignement supérieur en collaboration avec les universités de l'académie.
- La réflexion et la mise en place des politiques ministérielles dans les établissements du second degré de l'académie.
- La gestion prévisionnelle du personnel enseignant du second degré où j'effectuais le suivi longitudinal des enseignants du second degré, je modélisais les flux des personnels enseignants : calibrage des concours de recrutement disciplinaires, évaluation des départs à la retraite par discipline et corps d'enseignement. J'organisais également le mouvement académique annuel des affectations disciplinaires et géographiques des enseignants. Ce travail qui reposait sur une évaluation des besoins académiques devait correspondre au cadrage ministériel (macro). Cependant, la réflexion menée sur ces deux échelles n'est que rarement cohérente...
- J'ai aussi été membre fondateur des ateliers ministériels de réflexion méthodologique (et correspondante académique) avec Alain LOPES (Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance) au cours desquels nous travaillions à améliorer les outils d'évaluation (logiciels, méthodes de calcul, intégration des modélisations, etc.).

Au cours de ces années, le ministère a « accepté » l'idée d'une modélisation des flux d'enseignants et d'élèves autre que celle en cours jusque-là.

Bien que cette période professionnelle ait été riche en connaissances du fonctionnement du ministère de l'Éducation Nationale, je n'ai pas pu mener de recherches scientifiques – à mon compte tout du moins. J'ai cependant tenu à conserver (autant que cela m'était possible) des enseignements à l'université. Ainsi, j'ai été chargé de travaux dirigés en 1998 et 1999 à l'université Montpellier III où j'ai enseigné l'analyse économique et la macroéconomie en DEUG MASS. Puis j'ai eu un poste de Maître de Conférences associée en 2004 / 2005 où j'ai enseigné les statistiques dans les trois niveaux de licence de sociologie, mais cette expérience n'a pas pu se poursuivre : un changement de Secrétaire Général dans l'académie m'a contraint à effectuer uniquement mes heures d'enseignement et ce, en plus de mon travail à plein temps au rectorat. Je n'ai donc pas pu engager de travaux de recherche au cours de cette année, avec le professeur Christian LAVERGNE notamment.

Cette période m'a évidemment éloignée de la recherche scientifique. Cependant, je n'ai jamais renoncé à la recherche. C'est donc au terme de cette période, et après un nouveau passage à l'université, que j'ai décidé de réorienter ma carrière professionnelle vers la recherche scientifique.

Ingénieur de Recherche détachée au CIRAD sur les fonctions de Chercheur en économétrie depuis 2007

Dès 2007, j'ai obtenu du rectorat de l'académie de Montpellier une mise à disposition auprès du CIRAD pour un an. Cette mise à disposition consistait en l'autorisation d'une journée par semaine où j'ai été accueillie dans l'UMR MOISA .

Mes travaux de recherche à l'UMR MOISA

Je me suis immédiatement impliquée dans un contrat de recherche (n°INCO CT-2005-015403) dont l'intitulé était « Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest », porté par plusieurs unités du CIRAD. Je suis intervenue (tardivement) sur ce contrat en appui méthodologique : j'ai apporté une solution par la méthode Partial Least Squares (PLS) au traitement du consentement à payer des consommateurs en fonction des diverses caractéristiques du fonio, céréale de base (tant dans l'alimentation que pour l'économie locale) en Afrique de l'Ouest. Ce premier travail a conduit à la rédaction d'un rapport, puis d'un document de travail (2007a) et une présentation en colloque (2007b). Puis, j'ai approfondi ce travail avec une collègue économiste de l'UMR MOISA (Sandrine DURY), ce qui nous a amenées à présenter ces nouveaux travaux au Colloque de la SFER (MEURIOT & DURY, 2008) et publier dans une revue internationale à comité de lecture (DURY & MEURIOT, 2010).

J'ai poursuivi pour une année encore ma collaboration avec l'UMR MOISA où j'ai travaillé à d'autres travaux économétriques en collaboration notamment avec Magali Aubert (INRA –

MOISA) où nous avons tout d'abord mis au point une mesure des interactions et des attributs dans les préférences des consommateurs, article publié dans une revue internationale à comité de lecture (MEURIOT & AUBERT, 2009), que nous avons approfondi également proposé sous forme de « règle de décision » dans un document de recherche pour les Cahiers du LAMETA (MEURIOT – AUBERT – TERRAZA, 2010).

Mes travaux de recherche à l'UMR ART-Dev

J'ai ensuite changé d'UMR et suis devenue membre de l'UMR ART-Dev où j'ai repris mes travaux en séries temporelles, parallèlement à d'autres travaux d'économétrie nécessaires pour l'unité qui ont abouti là aussi à une publication dans une revue internationale à comité de lecture (BOURGOIS & MEURIOT, 2009 et 2011).

Mes travaux en séries temporelles m'ont conduite à travailler sur les mécanismes de transmission et la volatilité des prix. J'ai ainsi participé à deux programmes de recherche pour la fondation FARM (Rapports FARM 2008, 2009), et je travaille aujourd'hui sur un contrat de recherche de l'ONU (PAM Niger) en collaboration avec des collègues de l'unité (Marie-Hélène DABAT et Frédéric LANÇON, économistes). L'obtention de ces programmes et contrat est étroitement liée à la qualité du travail économétrique proposé.

Mes travaux en séries temporelles m'ont également conduite à la rédaction d'un ouvrage sur l'histoire des concepts des séries temporelles et quelques publications dans des revues internationales à comité de lecture que je présenterai dans la *synthèse des travaux*. Les recherches pour écrire ce livre (MEURIOT, 2012a) m'ont apporté de nombreuses collaborations avec les plus grands noms de la discipline que je développerai plus loin (section 1.5).

Aujourd'hui, mon projet de recherche s'oriente – au-delà de l'histoire de la discipline – vers la sociologie (des sciences et de l'économie) et l'introduction de l'économétrie des séries temporelles dans ce cadre d'analyse. Il s'agit d'une recherche inédite qui s'inscrit dans l'interdisciplinarité.

Mon parcours professionnel s'est ainsi construit en trois périodes distinctes, deux dans la recherche scientifique au milieu desquelles s'est glissée une période de recherche « administrative ». J'ai enfin pu revenir à mes premières amours... Et mon projet de recherche s'inscrit maintenant uniquement dans la recherche scientifique.

1.3. LISTE DES PUBLICATIONS

Rappel : de 1996 à 2007 j'ai exercé les fonctions d'ingénieur de recherche dans des structures qui ne m'ont pas permis de poursuivre des recherches académiques. C'est pourquoi il y a une rupture dans le rythme des publications pendant cette période.

1.3.1. Articles dans des revues scientifiques à comité de lecture (référencées)

- MEURIOT, V. (2015), « The concept of cointegration: the decisive meeting between Hendry and Granger », *Cahiers d'Économie Politique*, à paraître (n°68, juin 2015), 26 p.
- MEURIOT, V. (2015), « L'économétrie des séries temporelles : une (re)construction nécessaire », *Revue Française de Socio-Économie*, en cours d'évaluation, 19 p.
- MEURIOT, V. (2014), « La controverse Koopmans – Vining revisitée ? Réflexion sur le paradigme économique », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, en cours d'évaluation, 18 p.
- MEURIOT, V., DIALLO, A.S., LANÇON, F. (2014), « A comparative analysis of the international rice prices transmission on the Senegalese and Malian cereal markets and its policy implications », *European Journal of Development Research*, en révision, 50 p.
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) « On the investigation of the impact of financialization on commodity prices instability: a wavelet approach of causal linkages analysis », *International Review of Applied Economics*, en cours d'évaluation, 17 p.
- BOURGEOIS, R. & MEURIOT, V. (2011) : « Sortir de la pauvreté par la croissance agricole: illusion ou réalité pour les ménages ruraux en Indonésie ? » *Mondes en Développement*, 39(4), n°156, p. 33-46.
- MEURIOT, V. - TEMPLE, L. - MADI, A. (2011) : « Faible transmission des prix internationaux aux marchés domestiques : le poids des habitudes alimentaires au Cameroun », *Économie Appliquée*, tome LXIV, n°3, septembre 2011, p. 59-84.
- DURY, S. & MEURIOT, V. (2010) : « Do urban African dwellers pay a premium for food quality and, if so, how much? An investigation of the Malian fonio grain », *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 91(4), p. 417-433.
http://www.raestud.eu/pagint/recherche/affiche_art.php?cid=95
- MEURIOT, V. (2008) : « Réflexions méthodologiques sur la modélisation non structurelle : une approche par les modèles VAR et leurs extensions dynamiques », *Mathématiques et Sciences Sociales*, n°182 (été 2008), p. 47-62.
- MURCIA, V. (1994): « Dynamique du marché du pétrole : l'approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de H.E.G.Y. sur séries temporelles trimestrielles saisonnières », *Journal de la Société Statistique de Paris*, n° 95-4, p. 160-175 (en collaboration avec TERRAZA, M.). Décembre 1994.

1.3.2. Articles dans des revues scientifiques à comité de lecture (non référencées)

- MEURIOT, V. & AUBERT, M. (2009) : “Choices of wine consumption : Mesure of interaction terms and attributes”, *Enometrica* (revue internationale à comité de lecture), Vol. 2, n°2, p. 51-60.
- MURCIA, V. (1995) : « Modélisation vectorielle autorégressive du marché français des vins de table : une analyse sur données mensuelles », *Bulletin de l'O.I.V.*, p. 279-295 (en collaboration avec TERRAZA, M.).
- LANÇON F., MEURIOT V., DAVID-BENZ H., TEMPLE L. (2011) : « Flambée des cours mondiaux de céréales : une aubaine pour l'agriculteur africain ? », *Perspective n°9*, coll. « Sécurité alimentaire », Montpellier : CIRAD, 4 p.
- MURCIA, V. (1995) : « Modélisation vectorielle autorégressive du marché français des vins de table : une analyse sur données mensuelles », *Bulletin de l'O.I.V.*, p. 279-295 (en collaboration avec TERRAZA, M.)¹.

1.3.3. Rapports scientifiques et d'expertise

- MEURIOT V., LANÇON F., DABAT M-H. (2014), *Study on the links of between markets and household food security in Niger*, ONU (Programme Alimentaire Mondial), en cours de rédaction.
- MEURIOT V., DAVID-BENZ H., DIALLO A., LANÇON F., RASOLOFO P., TEMPLE L., WANE A. (2010). *L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique Subsaharienne*. Montpellier : CIRAD, 97 p.
- MEURIOT, V., TEMPLE, L., MADI, A. (2009) : *Déterminants de l'instabilité des prix alimentaires au Cameroun : une analyse institutionnelle de résultats économétriques*. Rapport pour la Fondation FARM, CIRAD, 62 p.
http://www.fondation-farm.org/IMG/pdf/RApport_FARM_2009__Transmission_et_volatilite_des_prix_-_Synthese_Cameroun.pdf
- MEURIOT, V., LANÇON, F. *et al.* (2009) : *L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique subsaharienne*, Rapport pour la Fondation FARM, Conférence « Prix et risques de marché : les agriculteurs face à la volatilité des cours », Paris 23 & 24 novembre 2009.
- MEURIOT, V., DAVIRON, B. *et al.* (2008) : *La transmission de la hausse des prix internationaux des produits agricoles dans les pays africains*, Rapport pour la Fondation FARM, Conférence « Prix agricoles : perspectives à moyen terme et implications pour les producteurs et les politiques publiques », Paris 15 & 16 décembre 2008.

¹ Cette revue était référencée à l'époque dans la liste du CNU.

1.3.4. Documents de recherche

- MEURIOT, V. (2012) « Analyse critique de l'économétrie des séries temporelles moderne », *Document de travail ART-Dev*, 2012-05, 14 p.
- MEURIOT, V. (2012) : « Une analyse comparative de la transmission des prix pour l'orientation des politiques publiques : Le cas du riz au Sénégal et au Mali », *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), série Documents de recherche, DR n°2012-04, 37 p.
<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2012-04.pdf>
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) : « L'analyse d'une nouvelle émergence de l'instabilité des prix des matières premières agricoles », Document de recherche, *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), 2012-01, 17 p.
<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2012-01.pdf>
- MEURIOT, V. - AUBERT, M. - TERRAZA, M. (2010) : « Une règle de décision pour les combinaisons d'attributs dans les modèles de préférence des consommateurs », Document de recherche, *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), 2010-05, 27 p. (<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2010-05.pdf>)
- DURY, S. – MEURIOT, V. – FLIEDEL, G. – BLANCHER, S. - BORE GUINDO, F. – DRAME, D. – BRICAS, N. – DIAKITE, L. – CRUZ, J.F. (2007), « Retail market prices of fonio reveal the demand for quality characteristics in Bamako, Mali », Montpellier : UMR MOISA, 23 p. (Working paper : UMR MOISA, 6/2007).
- MURCIA, V. (1991) : *Progrès économétriques et séries temporelles*, Centre d'économétrie pour l'entreprise (C.E.P.E.) ed., Montpellier, Université Montpellier 1, (en collaboration avec LABYS, W.C. & TERRAZA, M.).

1.3.5. Ouvrage

- MEURIOT, V. (2012) *Une histoire des concepts des séries temporelles*, éditions Academia-L'Harmattan, collection Intellection, Louvain-la-Neuve, 232 p.

1.3.6. Chapitres d'ouvrages

- MURCIA, V. (1995) : « *Modelling the Petroleum Spot Market : a Vector Autoregressive Approach* » in LESOURD, J.B. – PERCEBOIS, J. – VALETTE, F. : *Models for Energy Policy*, ROUTLEDGE Eds., London and New York, p. 160-175 (en collaboration avec LABYS, W.C. & TERRAZA, M.). Novembre 1995.
- MURCIA, V. (1994) : « *Dynamique du marché du pétrole : l'approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de H.E.G.Y. sur séries temporelles trimestrielles saisonnières* », in Actes du Colloque du GAMMAP : *Régulation et Dynamique des marchés des produits de base*, sous la Direction de Serge CALABRE, 7 & 8 avril 1994, Grenoble.
- MURCIA, V. (1991b) : « *Problème de l'agrégation de l'offre dans le système coopératif*

viticole français : asymétrie informationnelle et environnement incertain », in Actes du Colloque International d'Econométrie Régionale (Directeur : J. PAELINCK). Novembre 1991.

1.3.7. Colloques (avec actes)

- DIALLO, A.S., MEURIOT, V. (2014), « La modélisation de la dynamique cyclique des prix des matières premières agricoles alimentaires ». In 46èmes Journées de Statistique, Société Française de Statistique (SFdS), du 2 au 6 juin 2014, Rennes.
- MEURIOT V., LANÇON F., DAVID-BENZ H. (2013), « Transmission des prix internationaux du riz et volatilité sur les marchés africains : analyse et enjeux ». In La science rizicole pour la sécurité alimentaire à travers le renforcement de l'agriculture familiale et l'agro-industrie en Afrique, 3ème Congrès du riz en Afrique 2013, Yaoundé, Cameroun. Cotonou : WARDA [Africa Rice Center], Africa Rice Congress. 3, 2013-10-21/2013-10-24, Yaoundé, Cameroun. 58 p.
- MEURIOT, V., DIALLO, A.S. (2012b), « Causes et conséquences d'une erreur d'interprétation méthodologique : La libéralisation mesurée par les processus ARCH-M de Christopher Barrett (1997) » In La mesure du développement. Comment science et politique se conjuguent, Colloque international du GEMDEV, UNESCO, 1er, 2 et 3 février 2012, Paris.
- MEURIOT, V. (2012a), « Intégration économique – Cointégration économétrique : un hiatus méthodologique » In La mesure du développement. Comment science et politique se conjuguent, Colloque international du GEMDEV, UNESCO, 1er, 2 et 3 février 2012, Paris.
- LANÇON F., MEURIOT V., DAVID-BENZ H., TEMPLE L., DIALLO A.S. (2009c), « L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique subsaharienne ». In Conférence de la Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM) Prix et risques de marché : les agriculteurs face à la volatilité des cours, 23-24 novembre 2009, Paris, France. s.l. : s.n., 1 diaporama (24 vues). Conférence de la Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde [FARM], 23 & 24 novembre 2009, Paris, France.
- BOURGEOIS, R., MEURIOT, V. (2009b), « Sortir de la pauvreté par la croissance agricole: illusion ou réalité pour les ménages ruraux en Indonésie ? ». In Les Suds confrontés au développement soutenable, 3^{ème} Journées du développement du GRES - Université Montesquieu - Bordeaux IV, 10-12 Juin 2009, Bordeaux.
- MEURIOT, V., AUBERT, M. (2009a), « Choices of wine consumption : mesure of interaction terms and attributes », In XVIème Colloque International d'Oenométrie de la Vineyard Data Quantification Society, 21-23 mai 2009, Namur (Belgique).
- MEURIOT, V. (2008), « Do market prices reveal consumers' preferences ? Evidences from the retail market of fonio in Mali (West Africa) », In Colloque de la SFER : 2èmes journées de recherche en sciences sociales, 11-12 Décembre 2008 – Lille, France (en collaboration avec DURY, S.)
- MEURIOT, V. (2007), « The retail market prices of fonio reveal the demand for quality characteristics in Bamako, Mali », In 106th EAAE Seminar Pro-poor development in

- low income countries: Food, agriculture, trade, and environment , 25-27 October 2007 – Montpellier, France (en collaboration avec DURY, S. et FLIEDEL G.)
- MURCIA, V. (1994a), « Dynamique du marché du pétrole : approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de HEGY ». **In** Actes du Colloque du GAMMAP : Dynamique des marchés des produits de base, sous la Direction de Serge CALABRE, 7 & 8 avril 1994, Grenoble.
- MURCIA, V. (1994b), « Modélisation vectorielle autorégressive du marché français des vins de table: une analyse sur données mensuelles ». **In** Actes du IIIème Colloque International d'Oenométrie de la Vineyard Data Quantification Society, 20 & 21 octobre 1994, Tours. Prix du colloque « Vérone d'Oenométrie - Domini Veneti ».
- MURCIA, V. (1993a), « Dynamique des marchés des produits de base : une approche économétrique ». **In** Actes du Colloque du GAMMAP : Dynamique des marchés des produits de base, sous la Direction de Serge CALABRE, 14 & 15 janvier 1993, Grenoble.
- MURCIA, V. (1993b), « Étude de la propagation des chocs dans un modèle VAR du marché français des vins de table ». **In** Actes du IIème Colloque International d'Oenométrie de la Vineyard Data Quantification Society, 18 & 19 février 1993, Vérone (Italie).
- MURCIA, V. (1991a), « Modélisation VAR du marché du pétrole ». **In** Actes du XXXIIème Colloque International de l'Association d'Économétrie Appliquée, 24 & 25 octobre 1991 : La modélisation des marchés internationaux de l'énergie, Montpellier.

1.4. STAGE

Qualité	Lieu	Date	Objet
Chercheur invitée	<i>Econometric Institute</i> Rotterdam (Pays-Bas)	4 au 8 décembre 2010	Invitation du professeur Philip Hans FRANSES, Doyen de l'université Erasmus de Rotterdam, pour effectuer mes recherches historiques sur les séries temporelles. J'ai eu à disposition les archives de l'université, mais surtout des entretiens avec plusieurs sommités de l'institut : <ul style="list-style-type: none"> • Philip Hans FRANSES, doyen de l'institut d'Économétrie • Herman K. VAN DIJK, directeur de l'institut Tinbergen • Christiaan HEIJ, professeur d'économétrie • Dennis FOK, professeur d'économétrie

1.5. CONTRATS DE RECHERCHE

Ces contrats n'interviennent que dans la troisième période de mon parcours, à savoir mes activités de chercheur depuis mon détachement auprès du CIRAD (effectif depuis 2008). J'ai participé à cinq contrats tous en lien avec les problématiques économiques et sanitaires d'Afrique de l'Ouest. Les trois derniers contrats reposent sur le travail économétrique. J'ai donc pris la responsabilité de ces travaux en coordination avec mes collègues. Je ne suis intervenue que dans le WP4 sur le premier contrat, en appui méthodologique pour le traitement des données d'enquêtes.

Titre	Organisme Contractant	Année	Montant
<i>Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest</i>	Projet européen	2006/2008	800K€
<i>La transmission de la hausse des prix internationaux des produits agricoles dans les pays africains</i>	Fondation FARM	2008	45K€
<i>L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique Subsaharienne²</i>	Fondation FARM	2009	31K€
<i>Le rôle du marché du riz dans la formation des prix des vivriers. Une analyse Sénégal, Mali, Guinée³</i>	Fondation OSIRIZ	2011	10K€
<i>Study on the links of between markets and household food security in Niger</i>	ONU (Programme Alimentaire Mondial)	2012/2014	49K€

² J'ai intégré Abdoul Salam Diallo sur ce contrat.

³ J'ai intégré Abdoul Salam Diallo et Serigne Balla Cisse sur ce contrat (Cf. Atelier n°1, p. 18).

1.6. ENSEIGNEMENTS UNIVERSITAIRES

- À partir de Sept. 2015 **Chargée de cours** à l'Université Montpellier 3
Matière enseignée : *Comparaison des méthodes et traitement des données* : M2R Étude du Développement
- Depuis 2011 **Chargée de cours** à l'Université Montpellier 3
Matière enseignée : *Méthodes quantitatives, analyse critique et enjeux de l'outil statistique* : M2R Développement Durable et Aménagement, spécialité Territorialités et Développement
- 2007/2011 **Chargée de cours et de travaux dirigés** à l'Institut des Régions Chaudes – Sup'agro Montpellier
Matières enseignées : *Statistiques et Analyses de données* : 3^{ème} année (année de spécialité d'ingénieurs) option VALOR et ECO-DEV à l'Institut des Régions Chaudes (IRC) de Montpellier
- 2004/05 **Maître de Conférences associée** à l'Université Montpellier 3
Matière enseignée : *Statistiques : L1, L2 et L3* de Sociologie.
- 1998/99 **Chargée de travaux dirigés** à l'Université Montpellier 3
Matières enseignées : *Analyse économique* : DEUG MASS
Macroéconomie : DEUG MASS
- 1994/95 **Chargée de cours et de travaux dirigés** à l'Université Montpellier 3
Matières enseignées : *Politique économique* : 2^{ème} année AES et LEA
Économie monétaire : 2^{ème} année AES et LEA
- 1992/93 **Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche** à l'Université Montpellier 1
Matières enseignées : *Statistiques* : 1^{ère} année Sciences économiques
Mathématiques : 2^{ème} année AES
- 1989/91 **Chargée de travaux dirigés** à l'Université Montpellier 1
Matière enseignée : *Méthodes statistiques de l'économétrie* : Licence Sciences économiques option économétrie

1.7. DIRECTION D'ETUDIANTS

1.7.1 THESE DE DOCTORAT

- 2009/2012 **Abdoul Salam Diallo** : « La maîtrise de l'instabilité des prix des matières premières agricoles en Afrique subsaharienne : une aide à la sécurisation alimentaire ». Thèse de doctorat nouveau régime en Sciences économiques, spécialité *Économétrie*. En co-direction avec Michel Terraza, professeur à l'UM1.
Soutenue le 11/12/2013 : mention très honorable avec félicitations du jury à l'unanimité.

PUBLICATIONS

- MEURIOT, V. & DIALLO, A.S. (2012) : « Causes et conséquences d'une erreur d'interprétation méthodologique : La libéralisation mesurée par les processus ARCH-M de Christopher Barrett (1997) » **In** *La mesure du développement. Comment science et politique se conjuguent, Colloque international du GEMDEV, UNESCO, 1er, 2 et 3 février 2012, Paris.*
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) : « On the investigation of the impact of financiarization on commodity prices instability : a wavelet approach of causal linkages analysis », *International Review of Applied Economics*, en cours d'évaluation, 17 p.
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) : « L'analyse d'une nouvelle émergence de l'instabilité des prix des matières premières agricoles », Document de recherche, *Cahiers du LAMETA*, 2012-01, 17 p.
- MEURIOT V., DAVID-BENZ H., DIALLO A., LANÇON F., RASOLOFO P., TEMPLE L., WANE A. (2010). *L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique Subsaharienne*. Montpellier : CIRAD, 97 p.
<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2012-01.pdf>
- MEURIOT, V., LANÇON, F. *et al.* (2009) : *L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique subsaharienne*, Rapport pour la Fondation FARM, Conférence « Prix et risques de marché : les agriculteurs face à la volatilité des cours », Paris 23 & 24 novembre 2009.

1.7.2 MEMOIRES DE M2

- 2008 • **Nosra Benfradj** : « Etude économétrique des prix à l'importation de la

banane sur le marché français », mémoire de Master 2 Recherche *Économétrie*. En co-direction avec Michel Terraza, professeur à l'UM1.

• **Abdoul Salam Diallo** : « Rôle des marchés financiers dans la flambée des prix des matières premières agricoles », mémoire de Master 2 Recherche *Finance de Marché*. En co-direction avec Michel Terraza (professeur à l'UM1).

Publication :

MEURIOT, V., DAVIRON, B. *et al.* (2008) : *La transmission de la hausse des prix internationaux des produits agricoles dans les pays africains*, Rapport pour la Fondation FARM, Conférence « Prix agricoles : perspectives à moyen terme et implications pour les producteurs et les politiques publiques », Paris 15 & 16 décembre 2008.

- 2010 • **Lamia Bekkour** : « Estimation de la VaR sur les marchés agricoles spéculatifs : le cas du marché international du blé », mémoire de Master 2 Recherche *Finance de marché et analyse des risques*. En co-direction avec Michel Terraza, professeur à l'UM1)
- 2011 • **Serigne Balla Cissé** : « Le rôle du marché du riz dans la formation des prix des vivriers au Mali et au Sénégal », mémoire de Master 2 Recherche *Finance de Marché*. En co-direction avec Michel Terraza, professeur à l'UM1.
- 2013 • **Ynouss Karamoko** : « Le rôle du prix du riz dans la sécurité alimentaire au Mali », mémoire de Master 2 Recherche *Finance de Marché*. En co-direction avec Françoise Seyte, Maître de Conférences (HDR) à l'UM1.
- 2015 • **Francesco Garra** : « Les jeux d'acteurs sur le marché thaïlandais du riz à partir d'une étude de prix », mémoire de Master 2 Recherche Université de Florence. En co-direction avec Frédéric Lançon (UMR ART-Dev, CIRAD).

1.7.3 MEMBRE DE JURY HORS ENCADREMENT

- Mémoires d'ingénieur en spécialisation à l'Institut des Régions Chaudes (IRC – Montpellier SupAgro)
- Mémoires M2R (économétrie / finances) à l'université Montpellier 1

1.8. COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES

1.8.1. RECHERCHES

UNIVERSITES :

- **LABYS**, Walter C. (professeur à l'université West Virginia – USA) et **TERRAZA**, Michel (professeur à l'université Montpellier 1) : travaux de recherche en économétrie fondamentale.
- **LE GALL** Philippe (professeur à l'université d'Angers) : collaboration sur l'histoire de l'économétrie.

INSTITUTS DE RECHERCHE :

- **BOURGEOIS** Robin (économiste au CIRAD en poste à la FAO) : travaux de recherche sur une mesure de la pauvreté en Indonésie.
- **DURY** Sandrine (économiste au CIRAD) : travaux de recherche sur une mesure du consentement à payer (willingness to pay) à partir de la méthode PLS.
- **LANÇON** Frédéric (économiste au CIRAD), **TEMPLE** Ludovic (économiste au CIRAD), **MADI** Ali (professeur université de Dchang, Cameroun) : travaux de recherche en économétrie appliquée sur une mesure des mécanismes de transmission et de la volatilité des prix des matières premières agricoles en Afrique de l'ouest.
- **LOSCH** Bruno (économiste au CIRAD en poste à la Banque Mondiale) : participation en économétrie appliquée sur des travaux pour la Banque Mondiale qui ont conduit à la publication de l'ouvrage :
Losch, B. – Fréguin, S. – White, E.T. (2012): Structural Transformation and Rural Change Revisited, Banque Mondiale.
- **AUBERT** Magali (chargée d'études à l'INRA, UMR MOISA) : travaux de recherche en économétrie appliquée (matières premières agricoles) et fondamentale.

OUVRAGE

Les recherches pour la rédaction de mon livre « Une histoire des concepts des séries temporelles » m'a conduite à collaborer avec nombre d'économètres à l'étranger. Ces collaborations se sont matérialisées par des correspondances par mails. En voici la liste :

GRANGER Clive W.J. ⁴	Université de Californie, San Diego
ENGLE Robert F.	New York University Stern School of Business
HENDRY David F.	Nuffield College, Oxford
DICKEY David A.	North Carolina State University
FRANSES Philip Hans	Econometric Institute, Rotterdam
VAN DIJK Herman K.	Tinbergen Institute, Amsterdam
HEIJ Christiaan	Econometric Institute, Rotterdam
FOK Dennis	Econometric Institute, Rotterdam
GONZALO Jesús	Universidad Carlos III, Madrid
JUSELIUS Katarina	University of Copenhagen
AHN Sung K.	College of Business Washington State University

1.8.2. COMITES SCIENTIFIQUES

Membre du Comité scientifique du GEMDEV, colloque « Mesure du développement », Paris les 1, 2 & 3 février 2012.

1.8.3. RAPPORTEUR DANS DES REVUES

Rapporteur auprès de la revue *European Journal of Development Research*

Rapporteur auprès de la revue *Food Policy*

Rapporteur auprès de la revue *Fruits*

⁴ J'ai entretenu une correspondance avec Sir Clive GRANGER entre 2007 et 2008. Lors de notre dernier échange (25 février 2008), nous avons discuté de l'histoire de l'économétrie, son entrée dans la discipline, ses sentiments par rapport à l'économétrie.

1.9. RESPONSABILITES SCIENTIFIQUES

1.9.1. MEMBRE DU CONSEIL DE LABORATOIRE (2015 – 2019) DE L'UMR ART-DEV

1.9.2. LES ATELIERS DE METHODOLOGIE ET D'ÉPISTEMOLOGIE

Je suis co-animatrice des Ateliers de Méthodologie et d'Épistémologie, avec Guillaume Lacquement (professeur de géographie à l'université de Perpignan), pour les membres de mon UMR. Cette animation s'inscrit dans le programme transversal de l'UMR et pour le nouveau quinquennat (2015-2019). C'est le lieu où la pluridisciplinarité de l'UMR – composée de géographes, de sociologues, d'économistes et de politistes – doit prendre un sens concret pour nos tutelles. Ce lieu de réflexion est mis à la disposition des chercheurs pour construire notre *unité dans la diversité*. Ainsi,

- *L'atelier d'épistémologie* se déroulera autour de la logique du tiers inclus de Lupasco (1947, 1951) qui est au cœur de la transdisciplinarité. Toutes les disciplines de l'UMR se retrouvent dans cette notion qui permet de travailler à partir de nos disciplines propres, puis en pluri et inter jusqu'à la transdisciplinarité. La notion est centrée sur le dépassement de l'analyse scientifique en termes de contradiction (A / non-A), pour parvenir à une analyse en complémentarité (T incluant A et non-A) en portant le regard du scientifique sur un plan de réalité juste adjacent. L'intérêt est de dépasser la simple contradiction (opposition) dans nos travaux de recherche et ainsi de faire émerger une réflexion au-delà de nos disciplines vers la transdisciplinarité. Cette réflexion apportera une légitimation à notre UMR composite en termes disciplinaires.
- *L'atelier de méthodologie* s'oriente vers la notion de « comparatisme », qui semble la plus appropriée pour faire le lien avec la notion de « tiers inclus » retenue pour l'atelier d'épistémologie. Le comparatisme est une notion déjà solidement établie dans certaines disciplines comme les sciences politiques, mais le but de l'atelier ne peut pas se restreindre à un inventaire disciplinaire, d'autant que dans certaines disciplines comme la géographie, les questions méthodologiques fondent les appartenances à des écoles d'analyse et conduisent à la formation d'isolats qui réduisent les possibilités de dialogues au sein même de la discipline. Ainsi, nous proposons d'aborder la notion sous la forme d'un questionnement afin de susciter le débat, voire la controverse, sur la manière dont les sciences sociales se saisissent des méthodes du comparatisme. Nous retenons provisoirement trois manières de construire cette méthode d'analyse :

- ✓ l'application de théories/lois universelles dans une démarche hypothético-déductive,
- ✓ les constructions théoriques destinées à analyser des situations ou des configurations *a priori* différentes,
- ✓ les méthodes empiriques fondées sur la démarche inductive.

Cette animation est un lieu stratégique pour la reconnaissance par l'AERES de la légitimité de cette UMR pluridisciplinaire. Les thèmes abordés sont donc fédérateurs.

2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

2.1. INTRODUCTION : UNE ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES RAISONNEE

2.2. UNE ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES EMPIRIQUE :

LA MODELISATION DYNAMIQUE AU SERVICE DES MATIERES PREMIERES

2.2.1. *Le vin : un marché en déséquilibre au sein de la réglementation communautaire*

2.2.2. *Le pétrole comme nouvelle arène de vérification macroéconométrique*

2.2.3. *Le riz : une matière première agricole emblématique en Afrique subsaharienne*

2.3. UNE HISTOIRE DES CONCEPTS DES SERIES TEMPORELLES

2.4. UNE INTERPRETATION DE L'ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES PAR LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES ?

2.4.1. *Analyse critique des liens entre économie et économétrie : entre mathématiques, statistiques et économique*

2.4.2. *Quelques éléments d'analyse depuis la philosophie des sciences*

2.4.3. *Posture réflexive sur l'économétrie des séries temporelles*

2.5. UNE INTERPRETATION DE L'ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES PAR LA SOCIOLOGIE DES SCIENCES : PROJET DE RECHERCHE

2.5.1. *Le microcosme : parcours, relations humaines, influences scientifiques*

2.5.2. *L'explosion des concepts : l'élan créatif en réponse aux mutations du monde économique*

2.6. ÉCONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES ET SOCIOLOGIE : DE LA LOGIQUE DU TIERS INCLUS A LA TRANSDISCIPLINARITE

2.6.1. *François SIMIAND : un projet de recherche unificateur*

2.6.2. *De la relation englobante à la logique du tiers inclus*

2.6.3. *De la logique du tiers inclus à la transdisciplinarité*

2.6. CONCLUSION

2.7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

2.8. ANNEXE

2.1 Introduction : une économétrie des séries temporelles raisonnée

La synthèse présentée dans ces pages s'inscrit dans un cheminement qui a évolué au fil du temps d'une discipline mathématique, l'économétrie des séries temporelles, vers une discipline de (pures) sciences humaines, la sociologie. Cette évolution s'est construite sur mon intuition première que l'économie ne peut s'envisager correctement sans la prise en compte de l'environnement social. Cette posture assumée, relativement en marge du courant dominant en économie, a été le fil directeur de mes recherches pendant toutes ces années. Si l'exercice a souvent été raillé par la plupart des économistes, le contact avec la sociologie (et notamment la lecture des travaux de François SIMIAND) m'a offert le domaine scientifique que je recherchais depuis tant d'années. Mais *faire converser* des disciplines aussi distantes ne découle pas d'une évidence scientifique *a priori*. Construire cette interdisciplinarité est un travail de longue haleine. Cependant, malgré l'âpreté de la tâche que je me suis assignée, je perçois trop de signes encourageants pour y renoncer. Ma vie professionnelle a été jalonnée d'accidents, de périodes difficiles, mais comme bon nombre de chercheurs. Depuis que j'ai pénétré le domaine de la sociologie, mes travaux ont pris une nouvelle tournure, un nouvel élan dont j'ai toujours eu la certitude. L'entêtement et les convictions qui animent mon travail de recherche prennent aujourd'hui tout leur sens, une direction vers l'interdisciplinarité qui me conduit aujourd'hui à assumer et développer un programme de recherche alliant l'économétrie des séries temporelles et la sociologie dans une *relation englobante*⁵ inédite. Ce programme est novateur, sans référence antérieure dans la science. De la construction du champ scientifique de l'économétrie des séries temporelles à l'intégration des méthodes à la sociologie, je souhaite poursuivre un travail interdisciplinaire jalonné par les travaux de SIMIAND et répondre, à ma modeste mesure, aux interrogations et (parfois) aux frustrations de cet auteur du siècle dernier dont j'ai épousé bien souvent les idées et les malaises.

Bref cadrage disciplinaire

L'économétrie des séries temporelles, comme l'économétrie en général, est une discipline à la croisée de plusieurs disciplines. Dédiée cependant à l'économie, elle adopte les mathématiques et les statistiques pour répondre aux besoins de quantification de l'économie. Cette singularité rend la discipline ardue, complexe et certainement de plus en plus hermétique comme nous le verrons dans la section (2.4).

L'économétrie des séries temporelles se propose d'étudier les phénomènes économiques dans le temps, individuellement ou/et dans leurs interrelations à l'intérieur d'un marché par exemple, d'un espace circonscrit. Cette prise en compte de l'historique – de la mémoire – des séries modifie considérablement la méthodologie économétrique. Les tests économétriques

⁵ Cette *relation englobante* est développée par HENDRY depuis 1995. Nous y reviendrons dans la section (2.5).

usuels ne fonctionnent plus, conduisent vers des estimations erronées (GRANGER & NEWBOLD, 1974). Les séries temporelles nécessitent des tests spécifiques capables d'intégrer la notion de temps, identifiée par les « retards » ou « période(s) de retard » dans l'analyse économétrique. De façon beaucoup plus prosaïque, nous pourrions dire que l'économétrie des séries temporelles s'intéresse à l'histoire d'un individu lorsque le reste de l'économétrie s'intéresse à la description d'une photo d'un groupe d'individus. Il y a dans l'économétrie des séries temporelles cet aspect plus *psychanalytique* si nous voulons poursuivre ce parallèle entre série temporelle et individu.

Pour une meilleure compréhension des concepts, j'ai conçu quelques encadrés méthodologiques et un repère historique. Ces éléments sont intégrés au début de la section (2.5)⁶, des pages 100 à 106.

L'accumulation des mauvaises pratiques

Malheureusement, au fil des années nous constatons que l'utilisation des modèles des séries temporelles manque de plus en plus souvent de cohérence de la part des praticiens (MEURIOT & DIALLO, 2012) jusqu'à produire des recommandations de politique économique erronées pour les décideurs politiques. Comme la souligné Katarina JUSELIUS⁷ à propos de la cointégration :

“Unfortunately, [the cointegration] is not a method that can be applied routinely using standard cointegration software; it requires interaction between the analyst and the data; it is a powerful tool for an expert to use, not a tool for someone who doesn't understand the methodology”,

ou encore

“I am quite convinced that if the economic reality had been more in accordance with standard theory models, the cointegrated VAR model would probably have been embraced with much enthusiasm. As the economic reality is very different from the empirical results we find in many ranking journals, I cannot help suspecting that these might have been obtained by torturing the data until they confessed. I believe this is what the present incentive system does to economics: it encourages scholars to maximize A and B journal publications, rather than to search for “the truth”. The reluctance among economists to take the empirical reality seriously has convinced me that economics is too important to be left to the theorists alone.”

Si bon nombre d'économètres en séries temporelles sont d'accord avec la position de JUSELIUS, elle est l'une des rares – sinon la seule – à avoir osé exprimer ce type de méprise dans la discipline. Et si je soulève ce problème si tôt dans cette synthèse c'est bien qu'il a guidé, dès le début de mes travaux, ma *philosophie* dans la recherche. Comme je le décrirai plus amplement dans la section (2.4), nous verrons comment le manque de rationalité dans la discipline pèse sur son évolution.

⁶ Section (2.5) p.99 à 105.

⁷ En octobre 2005, Katarina JUSELIUS et Søren JOHANSEN ont donné une interview qui sera officiellement publiée en 2010 dans l'ouvrage de ROSSER J.B, HOLT R.P.F et COLANDER D.C. « European Econometrics at a Crossroads », Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, pp. 115-131.

La nature de l'économétrie des séries temporelles

Mais revenons quelques instants sur la nature de l'économétrie des séries temporelles. Cette discipline est enchâssée entre les sciences sociales (économie) et les sciences dites exactes (mathématiques et statistiques). Son objet est incontestablement l'économie : son but est d'expliquer les phénomènes économiques à partir de modèles mathématiques qui produiront des schémas explicatifs en termes de tendances, de cycles, de saisonnalités, de structures communes dans certains cas. Ces modèles sont construits sur la base de données empiriques, observations issues de la réalité économique. Ils mettent donc en jeu des mécanismes économiques qui sont soit connus de la théorie économique, soit éclairants pour valider un point de théorie encore flou (nous reviendrons par la suite sur ce rôle de falsification à la POPPER des modèles économétriques). L'essence de l'économétrie est donc bien la science économique. Son originalité est d'avoir recours à une formalisation mathématique. Par conséquent, elle s'ouvre aux sciences dites exactes qui ont un autre mode de fonctionnement. La difficulté est alors de maîtriser les deux types de science sans oublier ou inverser l'ordre des choses scientifiques : de l'économie vers les mathématiques, mais non l'inverse.

Ainsi, mes premiers travaux de recherche (MURCIA, 1993) ont porté sur une problématique de marché en déséquilibre : comment, *via* l'économétrie des séries temporelles, démontrer que le fonctionnement même de ce marché créait son propre déséquilibre⁸. Les méthodes en économétrie des séries temporelles pour analyser ce type de phénomènes étaient naissantes, voire encore en gestation. Cependant, le défi était bien de faire cette démonstration d'un déséquilibre économique par les techniques de l'économétrie des séries temporelles. Par la suite, j'ai travaillé sur d'autres marchés de matières premières comme le pétrole (MURCIA, 1994, 1995). Au terme de ces exercices empiriques, j'ai souhaité écrire une synthèse épistémologique sur tous ces éléments d'économétrie des séries temporelles tant les « nouvelles » méthodes étaient parfois décrites, parfois mal comprises... alors qu'elles me semblaient au contraire complémentaires les unes des autres : il suffisait de comprendre la problématique économique pour sélectionner la bonne méthode. Ce papier a été rédigé dès 1994, mais ne sera publié qu'en 2008 (MEURIOT, 2008), puisque j'ai dû m'absenter de la recherche pure pendant une dizaine d'années⁹. Ce papier est bien le premier travail de recherche auquel je me suis attelée dès mon retour à la recherche. Cette « pause » méthodologique me paraissait d'autant plus nécessaire que ma réflexion tendait vers plus de maturité, sinon vers un recul épistémologique par rapport à l'évolution de l'économétrie des séries temporelles.

Puis, mes recherches se poursuivant dans le domaine empirique sur des thématiques autour de la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne, j'ai à nouveau éprouvé le besoin de « comprendre » l'évolution de ma discipline. J'ai alors entrepris la rédaction d'un ouvrage sur l'histoire des concepts des séries temporelles (MEURIOT, 2012a). Ce travail m'apparaissait comme un premier élément de mise en cohérence entre une pratique et son évolution. Ainsi, j'ai reconstitué cette histoire des concepts en privilégiant les rapports entre les individus, par une investigation des articles fondateurs tant dans le fond que dans la forme. Ce travail m'a

⁸ Ces travaux seront développés dans la prochaine section (2.2).

⁹ J'explique ce détour dans mon parcours professionnel à la section (1.2).

permis de m'entretenir avec les personnalités les plus réputées de la discipline, d'être même chercheur invité par Philip Hans FRANSES, Doyen de l'Institut d'Économétrie à Rotterdam¹⁰.

Premières interrogations épistémologiques

Menant toujours de front des travaux empiriques sur des modélisations dynamiques et des réflexions plus épistémologiques, j'ai entrepris d'analyser ma discipline au prisme de la philosophie et de la sociologie des sciences, en l'occurrence mettre en perspective les événements majeurs dans l'évolution de l'économétrie des séries temporelles depuis 1970 (plus particulièrement la période 1974-1982) afin d'identifier les mécanismes analytiques qui la meuvent et de comprendre vers où elle se dirige et pourquoi. Ce programme (projet) de recherche ne s'appuie sur aucuns travaux antérieurs. L'économétrie a pu être étudiée sous l'angle méthodologique dans sa « première » période, c'est-à-dire au cours de la première moitié du XXe siècle (MORGAN, 1990 notamment). Mais, là encore, il s'agit davantage de travaux relatant des idées de scientifiques à l'intérieur de leur discipline. J'ai entrepris un travail réflexif par la philosophie des sciences à la lumière d'auteurs tels que Ludvig FLECK, Karl POPPER, ou encore Thomas KUHN pour asseoir l'analyse critique. Cet exercice se distingue des travaux antérieurs en ce qu'il cherche à regarder l'évolution de la discipline vu par un économètre des séries temporelles mais qui se positionne en marge de celle-ci ; il s'agit véritablement d'une étude critique et réflexive de cette économétrie des séries temporelles depuis 1970. Ce nouveau regard m'a permis d'*élucider* pourquoi cette discipline est par moment si perméable aux mathématiques, pourquoi elle épouse certains mouvements des disciplines dont elle s'inspire, et de répondre à quelques questions : l'économétrie – et *a fortiori* l'économétrie des séries temporelles – est-elle une science ? Épouse-t-elle les cycles de l'économie ? Comment dépend-elle des mathématiques ?

De l'économétrie des séries temporelles à la sociologie

Puis, des interrogations d'un autre ordre sont apparues. Comment peut-on raisonnablement traiter de phénomènes économiques sans prendre en compte l'environnement social ? Je me suis alors intéressée à la sociologie, que je ne connaissais pas vraiment, jusqu'à me rendre compte que l'*environnement* que je cherchais à intégrer dans mes analyses était l'affaire de cette discipline. La lecture des travaux de SIMIAND m'ont confortée dans cette direction. Bien qu'anciens – presque un siècle – ces travaux, voire ces essais, révélaient les mêmes incohérences dans l'analyse économique que celles qui m'interpellaient. SIMIAND, dans son style si caractéristique, dénonçait l'absence de méthodes capables de concilier la temporalité des phénomènes économiques et/ou sociaux et leur quantification. Malgré mes recherches, je n'ai toujours pas trouvé au XXIe siècle de travaux de recherche réalisant cette jonction. Ma rencontre avec Frédéric LEBARON a été décisive. Après avoir cherché un écho à la nouvelle direction que je souhaitais donner à mes recherches à venir, et lancé de nombreuses bouteilles à la mer, j'ai enfin pu lier un contact avec un sociologue qui s'intéressait véritablement à cette jonction entre sociologie et séries temporelles, et qui portait un intérêt

¹⁰ Je reviendrai sur cet épisode de ma vie de chercheur dans la section (2.3).

manifeste aux travaux de SIMIAND. Après des années d'errance où je me sentais passablement en marge de l'économie et de ma vision de l'économétrie, je trouvais enfin une personne réceptive à mes questionnements. Mon entêtement à suivre mes intuitions était enfin récompensé, mes recherches allaient pouvoir se dérouler dans cette forme d'interdisciplinarité entre sociologie et économétrie des séries temporelles.

Une recherche inédite

Cependant, il s'agit d'une recherche inédite à bien des égards. Comme le soulevait SIMIAND à son époque, si introduire des méthodes temporelles quantitatives dans le domaine sociologique relève du bon sens, comment procéder ? Comment ajuster les deux domaines sachant que la sociologie accorde une place encore plus centrale à l'action de l'individu que l'économie ?

Mon premier travail a été de construire le champ scientifique de l'économétrie des séries temporelles afin de comprendre pourquoi et comment ces méthodes avaient été développées pour l'économie. J'ai une l'opportunité d'interviewer Sir David HENDRY en juillet 2014, et discuter avec lui de la naissance de cette nouvelle économétrie des séries temporelles à partir de 1974. Ses paroles sont venues confirmer en de nombreux points mes intuitions à propos de la discipline, et de son évolution actuelle (2.5). J'ai réalisé à ce moment-là à quel point la réflexion de HENDRY sur l'environnement des phénomènes observés (la « encompassing relationship ») avait imprégné ses recherches. Si HENDRY avait travaillé sur l'importance de l'environnement social dans ses travaux économiques et économétriques, il n'était donc pas incongru de pousser la réflexion dans le champ de la sociologie. Mais, là encore, je n'avais aucun repère, aucune référence... Cette investigation sur laquelle j'ai fondé mon projet de recherche était un travail inédit, une recherche à construire entièrement, une réflexion à initier.

Ma carrière professionnelle n'a pas été sans accidents. Aussi, malgré l'ampleur de la tâche que je me suis assignée, je reste persuadée du bien-fondé de la démarche scientifique, de son utilité pour les sciences humaines (2.6). Puis, d'un travail qui s'inscrit dans l'interdisciplinarité, mes recherches me poussent aujourd'hui vers une forme de transdisciplinarité où non seulement les disciplines peuvent échanger entre elles, mais produire une connaissance nouvelle qui n'appartient ni à l'une ni à l'autre, une connaissance entre *socioéconométrie* et *économétrie sociale*. Tout est à construire, bien sûr, mais *le jeu me semble en valoir la chandelle*. D'autant qu'il me paraît indispensable que la science se tourne enfin vers cette forme de transdisciplinarité.

D'aucuns pourraient s'interroger sur la nécessité de tels travaux. À ceux-là je répondrai par la maxime de François RABELAIS :

Science sans conscience n'est que ruine de l'âme

Lorsque Edgar MORIN (1994) s'interroge sur l'intérêt de la transdisciplinarité dans la science, il démarre son analyse sur la nécessité de réfléchir à ce que l'on fait lorsqu'on est chercheur. Pour ma part, je n'ai eu de cesse tout au long de ces années de m'interroger sur mes pratiques et celles de ma (mes) discipline(s) et je n'ai jamais hésité à investir de nouveaux territoires

même lorsque ceux-ci n'appartenaient pas à mon domaine. Le fait d'entreprendre aujourd'hui une recherche alliant économétrie des séries temporelles et sociologie est une démarche stimulante pour moi, et j'espère y découvrir les réponses aux nombreuses questions que je me pose depuis que j'ai intégré la recherche.

Je présenterai la synthèse de mes travaux de façon chronologique étant donné la progression intellectuelle qui me guide. Ainsi, la section suivante (2.2) sera consacrée à l'ensemble des travaux empiriques, depuis ma thèse de doctorat. J'aborderai ensuite l'histoire des concepts des séries temporelles telle que je l'ai vécu lors de la rédaction de mon livre (MEURIOT, 2012a) et en revenant sur les multiples collaborations que ce livre m'a offertes. La section (2.4) proposera une investigation dans le domaine de la philosophie des sciences me permettant d'adopter une posture nouvelle dans la discipline. La section (2.5) sera consacrée au champ scientifique des séries temporelles entre 1974 et 1982, et au *projet SIMIAND*. La section (2.6) exposera le cœur de la réflexion interdisciplinaire, voire transdisciplinaire, sur un tel programme de recherche. Inédit, ce projet de recherche doit être étayé par une réflexion méthodologique et épistémologique.

2.2. Une économétrie des séries temporelles empirique : la modélisation dynamique au service des marchés de matières premières

Dans cette section, je présenterai les travaux empiriques qui m'occupent depuis ma thèse de doctorat soutenue en 1993. Je ne retiendrai ici que ceux faisant référence à l'économétrie des séries temporelles, même si j'ai réalisé d'autres travaux économétriques qui ont fait systématiquement l'objet de publications dans des revues internationales à comité de lecture¹¹.

Les travaux empiriques sur lesquels porte cette synthèse présentent des analyses de marchés de matières premières, agricoles surtout mais également énergétiques. Les marchés des matières premières constituent le lieu d'enjeux politiques. Quel que soit le marché considéré, ils sont un point stratégique pour les pouvoirs publics, ne serait-ce que parce qu'il conditionne les marchés des produits manufacturés.

Préambule...

En préambule à cette synthèse sur mes travaux de recherche, je souhaiterais mentionner un document que j'ai élaboré à la demande de Michel TERRAZA et Walter C. LABYS en 1991. Mes premières recherches en économétrie des séries temporelles se sont concrétisées par un document de recherche (79 p.) intitulés « Progrès économétriques et séries temporelles » dans lequel je *fais le point* sur l'ensemble des concepts des séries temporelles tels qu'on les connaissait à l'époque. Ce document, cosigné par la suite, se décompose en trois parties : les aspects théoriques, les tests statistiques, quelques rappels sur les processus aléatoires.

Je ne reporterai de ce document que la table des matières et l'introduction qui me semblent fixer (déjà) ma posture en séries temporelles.

Ce document a été à l'origine de l'ouvrage d'économétrie suivant, paru chez Sage Publication en 1994 dans la collection *Quantitative Applications in the Social Sciences*.

¹¹ MEURIOT & AUBERT (2009), DURY & MEURIOT (2010), BOURGEOIS & MEURIOT (2011).

PLAN

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : LES ASPECTS THEORIQUES

I – Séries temporelles

II – La cointégration

1 – Développement mathématique de la cointégration

2 – Modèles à Correction d'Erreur

21 – Introduction

22 – Représentation ECM dans le cas univarié

23 – Représentation ECM sur variables cointégrées

3 – La multi-cointégration

III – La causalité en économétrie

1 – Définition de la causalité

11 – La causalité dans les modèles autorégressifs unidimensionnels :
l'apport de Granger

111 – Hypothèses de base

112 – Quatre types de causalité

12 – La causalité dans les modèles autorégressifs multidimensionnels

2 – Evolution du concept de causalité depuis Granger

21 – Modifications de la définition de Granger

211 – Caractérisation de la causalité en terme de corrélation

212 – Le filtrage des séries non stationnaires

22 – Tests de causalité

23 – Problème de l'identification des retards

IV – Les modèles autorégressifs vectoriels (VAR)

1 – Introduction

2 – Estimation des modèles VAR

DEUXIEME PARTIE : LES TESTS STATISTIQUES

1

	I – Tests de stationnarité	p.41
	1 – Test de racine unité	
	2 – Test de Durbin-Watson (DW)	
p.3	3 – Test de Durbin-Watson sur Relation Cointégrante (CRDW)	p.42
	II – Tests de cointégration	p.44
	III – Théorie des tests et méthodes de prévision sur les modèles VAR	p.44
p.5	1 – Test de causalité	p.45
	2 – Prévision	p.48
p.6	21 – Précision de la prévision	p.48
p.10	22 – Propagation d'un choc sur une variable	p.48
p.11	IV – Les chaos	p.50
p.15	1 – Introduction	p.52
p.15	2 – Test du chaos	p.56
p.16		p.56
p.17	ANNEXES : QUELQUES RAPPELS SUR LES PROCESSUS	p.57
p.19	ALEATOIRES	
p.22	1 – Définition	
p.23	2 – Processus stationnaires	p.60
	3 – Classe des processus ARMA	p.61
p.24	4 – Stationnarité et inversibilité des processus ARMA	p.61
p.24	5 – Processus ARIMA	p.61
p.24	6 – Processus multivariés	p.65
p.25	61 – Stationnarité des processus multivariés	p.66
p.28	62 – Processus AR(p), ARMA(p,q), ARIMA(p,d,q)	p.67
p.28	7 – Factorisations matricielles	p.68
p.28	71 – Choleski	p.68
p.29	72 – Bernanke-Sims	p.70
p.30		p.70
p.31		p.70
p.35		
p.35		
p.35		

p.40

2

Les travaux les plus récents en matière de modélisation économique mettent l'accent sur des développements vers plus d'empirisme par opposition à la démarche théorique inspirée des travaux fondateurs de la Cowles Commission aux États-Unis.

Les modèles économétriques sont des représentations simplifiées de la vie économique d'un pays, d'une région ou encore d'un marché. Leurs constructions sont fondées sur des préceptes théoriques qui font force de loi dans les sciences économiques. Elles sont formées par un ensemble de variables liées entre elles par des équations formant un système dont la solution théorique permet d'analyser des états d'équilibres ou de déséquilibres. Aux schémas rudimentaires des premières constructions ont succédé des architectures de taille et de complexité considérables. Certaines d'entre elles (MOGLI, DMS, METRIC...) possèdent actuellement plusieurs centaines d'équations.

La complexité de ces modèles ne permet pas toujours la maîtrise de leurs propriétés. Il est donc nécessaire de les résumer au moyen de maquettes qui dévoilent la nature théorique des fondations de l'édifice. D'un point de vue pratique, cette approche déductive se heurte au problème de l'identification du modèle que l'on contourne souvent par :

- L'apport ou la suppression de variables et/ou d'équations qui jouent ou non un rôle majeur dans l'explication du phénomène étudié.
- L'abandon de nombreux tests non valides.
- La modification de choix théoriques pour répondre à la théorie statistique.

Cette conception formelle de la modélisation a été prépondérante

durant les années 1950 à 1970. Elle s'est opposée aux constructions plus empiriques que prônait le National Bureau of Economic Research des États-Unis.

En 1980, et suite aux travaux de Granger (1969) sur la causalité en économie, Sims (1980) propose une construction plus empirique des modèles économétriques. Les variables qui constituent l'environnement économique analysé sont traitées sur un même plan, c'est-à-dire sans distinction entre les endogènes et les exogènes. Le modèle général proposé est appelé modèle VAR (Vector Auto Regressive). Chaque équation du modèle est une forme autorégressive d'une variable avec toutes les autres variables du modèle. Il s'agit donc de mettre en évidence des régularités temporelles dans une chronique et des interactions dynamiques entre composantes de chroniques.

Ainsi, dans le cadre d'un modèle VAR, la conduite à tenir concerne :

- L'inventaire des variables internes et externes du phénomène à étudier,
- La recherche des causalités par des procédures du type de celles décrites par Granger.
- L'étude des propriétés de « cointégration » du modèle qui permet la sélection en niveau ou en différence des variables.
- L'estimation du modèle et la vérification de sa validité.

Chacun des points de cette démarche a fait l'objet d'une multitude de publications qui montre, s'il en est besoin, l'intérêt croissant de ces méthodes. Le document que nous proposons est une représentation simple et synthétique des développements récents sur les processus aléatoires et leur intégration dans la modélisation économétrique. Le but de cette étude est donc essentiellement pédagogique. Cependant, l'organisation de la présentation constitue une démarche nouvelle de la recherche économétrique.

J'ai étudié deux marchés de matières premières agricoles au cours de mes recherches : celui des vins de table sous l'administration de la Politique Agricole Commune au cours des décennies 1970 à 1990, et celui du riz (parfois mis en balance avec d'autres denrées) en Afrique subsaharienne où l'accent a été mis sur l'épisode des « émeutes de la faim » en lien avec l'accroissement violent du prix international du riz sur les places boursières internationales. Les travaux ont alors porté sur une description des mécanismes de transmission des prix, et sur une mesure de leur volatilité pour le cas du riz. Dans l'intervalle temporel j'ai également publié des analyses sur le marché du pétrole.

Ces trois types de travaux ont porté sur une modélisation dynamique de ces marchés, mettant en jeu les concepts de cointégration de GRANGER (1981, 1983, 1986) puis ENGLE et GRANGER (1987), le modèle vectoriel autorégressif (VAR) de SIMS (1980), puis la modélisation autorégressive à hétéroscédasticité conditionnelle (ARCH) de ENGLE (1982). Plus récemment, j'ai encadré des travaux de recherche sur la Value at Risk (VaR) et collaboré à un papier sur la décomposition en ondelettes. La grande majorité de ces recherches portent sur des marchés de matières premières agricoles.

Pour cadrer la démarche économétrique que j'utilise dans mes travaux empiriques, je m'appuierai dans un premier temps sur ma thèse afin de décrire la progression depuis la problématique économique jusqu'à la modélisation économétrique.

2.2.1. Le vin : un marché en déséquilibre au sein de la réglementation communautaire¹²

En tant que produits de base essentiels pour la survie de l'humanité, les matières premières agricoles ont fait l'objet de réglementations, tant dans la production que dans la consommation et surtout les prix. La présente analyse a porté sur l'étude d'un marché de produits de base agricoles particulier : celui des vins de table communautaires. La spécificité de l'organisation et de la gestion de ce marché révèle une problématique économique peu banale, puisque les règles économiques fondamentales liées au fonctionnement des marchés sont altérées, voire perverties. Malheureusement, cette situation n'a jamais pu être endiguée par les Institutions Communautaires ; certains économistes (BADOUIN, 1989) affirment même qu'elles ont intensifié les dysfonctionnements économiques de ce marché.

La compréhension de l'évolution du marché communautaire des vins de table soulève des réflexions de deux ordres au moins :

- Tout d'abord il s'agit d'analyser une dynamique macroéconomique d'un dysfonctionnement particulier de marché lorsque le prix n'est plus l'élément de réalisation de l'équilibre.

¹² Il s'agit d'une analyse produite à l'issue de ma première période de recherche, soit un constat jusqu'en 1995. J'ai tenu à la conserver en l'état afin de mieux *sentir* les évolutions de la discipline, ma propre évolution et sans nul doute mon projet de recherche.

- Ensuite, il semble qu'une investigation macroéconométrique peut apporter une structure de base intéressante pour la recherche de solutions.

Cette démarche s'appuie sur des préoccupations réelles des économistes ; nous citerons A. MONFORT qui écrit en 1990 :

« Ces divers coûts¹³ [...] ne sont que le prix à payer pour une analyse plus fine, plus profonde des phénomènes macroéconomiques, en particulier dans leurs aspects dynamiques. Il était d'ailleurs un peu illusoire de penser que la macroéconomie pouvait se développer indépendamment des méthodes statistiques et il est rassurant de constater que la macroéconomie moderne se confond de plus en plus avec la macroéconométrie ».

UN MARCHÉ DE MATIÈRE PREMIÈRE AGRICOLE ATYPIQUE

Le marché communautaire des vins de table¹⁴ s'inscrit dans une logique de surproduction depuis quatre décennies. Intégré à la Politique Agricole Commune (PAC) depuis le 28 avril 1970, ce marché s'enlise dans un dysfonctionnement économique.

Les fondements de l'organisation communautaire du marché : les confrontations idéologiques

Deux ans avant l'inclusion du marché dans la PAC, les Instances Communautaires demandent au Commissaire à l'Agriculture de l'époque, Sicco MANSCHOLT, un rapport afin de mettre à plat les difficultés économiques subies par ce marché. Les conclusions de ce rapport mentionnent que l'hétérogénéité structurelle des exploitations est la cause essentielle des difficultés du marché, eu égard au système d'intervention de la PAC qui alloue des subventions en fonction des quantités produites et non des besoins réels des producteurs. Le mode de gestion communautaire utilisé ne peut rééquilibrer le marché si on ne procède pas préalablement à un assainissement des structures productives.

Cependant, dans les textes du Traité de Rome, la PAC s'engage à respecter cinq objectifs¹⁵ qui recourent à la fois des ambitions de nature économique et sociale. Il semble que les Instances Communautaires ne souhaitent pas tenir compte des conclusions du rapport MANSCHOLT et privilégient la défense d'un revenu décent pour les viticulteurs. Malheureusement, cette idéologie sociale conduira le marché communautaire des vins de table à sa perte et l'entraînera dans des dysfonctionnements endémiques.

¹³ L'auteur fait ici référence à l'absence de méthodologie dominante ainsi qu'à la nécessité d'un plus grand investissement méthodologique.

¹⁴ La dénomination « vins de table » fait référence aux produits viniques bas de gamme : moûts concentrés, vinaigres, jus à base de raisin, vins de consommation courante (conditionnés le plus souvent en bouteilles en plastique) et vins de pays.

¹⁵ Ces objectifs sont : (1) garantir la sécurité des approvisionnements, (2) accroître la productivité, (3) réguler et stabiliser les marchés, (4) assurer un niveau de vie équitable à la population agricole, (5) assurer des prix raisonnables aux consommateurs.

L'organisation économique du marché : le lieu de rencontre de forces antinomiques

Contrairement à la grande majorité des marchés de matières premières, les vins de table adoptent un fonctionnement économique inversé : le côté court du marché est ici la demande, tandis que le côté long est constitué par l'ensemble de la production. Cette configuration a deux origines :

- La production communautaire des vins de table, concentrée sur le pourtour méditerranéen, est une vocation ancestrale et fait partie du patrimoine culturel dans ces régions.
- Ces produits ne correspondent plus à l'évolution des mentalités ; de ce fait, l'espace de consommation tend à se réduire depuis un quart de siècle.

Il résulte que, depuis les années soixante-dix, l'organisation économique du marché se heurte à la poursuite d'objectifs contraires de la part des acteurs économiques.

Le durcissement de la consommation

La fonction de demande régresse au rythme de 4% par an. Diverses raisons sont évoquées ; cependant, elles aboutissent inéluctablement à une « image sociale négative » des vins de table. Parmi les critères de la désaffection des consommateurs¹⁶, il apparaît d'une part des causes sociologiques et d'autre part des causes économiques :

- *Trois causes sociologiques* : si jusqu'à la moitié du XX^{ème} siècle la consommation de vins de table était un acte quotidien (essentiellement pour son effet psychotrope), aujourd'hui elle n'est plus que le fait des populations « âgées » issues de milieux ruraux pour lesquelles elle est un acte habituel. Par ailleurs, le repas est de plus en plus déstructuré (on déjeune à l'extérieur, souvent avec un sandwich) et s'associe à la restauration rapide qui exclut quasiment la vente de vin. On note également l'influence d'une classe sociale *leader* parmi les consommateurs composée de jeunes cadres dynamiques, de femmes modernes ou encore de jeunes non installés, pour qui les concepts d'hygiène de vie et de diététique sont importants.
- *Deux causes économiques* : l'amélioration du niveau de vie au cours des Trente Glorieuses s'est traduite par une substitution des produits de première nécessité par des produits supérieurs ; il apparaît un effet-clicquet de DUESENBERY sur le marché et les vins de table sont déclassés dans le schéma de consommation normatif des individus. Par ailleurs, le vieillissement de la population réduit le nombre des consommateurs : on sait que la consommation quotidienne des vins de table est le fait des personnes de plus de cinquante ans (environ 45% des consommateurs réguliers).

¹⁶ Enquête INRA/ONIVIT : « La consommation des vins en France ». 1980, 1985, 1990.

Les médias ont également contribué, par les campagnes antialcooliques notamment, à activer le processus d'obsolescence du vin de table. Ce produit est, dans la période récente, rejeté par la majeure partie de la population.

La surabondance endémique des quantités produites

Le non-respect des conclusions du rapport MANSOLT relatif à l'assainissement structurel a favorisé le maintien d'un tissu productif non viable à terme, non compétitif dans le mode organisationnel, et qui a finalement conduit la gestion communautaire à l'échec.

Deux causes majeures peuvent être avancées :

- *L'hétérogénéité structurelle des exploitations* qui n'a pas été réduite dès l'entrée du secteur viti-vinicole dans la PAC, a pénalisé les petites exploitations déjà en difficulté par rapport aux plus importantes qui étaient viables. Le régime d'intervention communautaire subventionnant selon le critère du degré hectolitre a favorisé la paupérisation des petites exploitations par les grandes qui « s'enrichissent ».
- *Le mode de gestion communautaire* (subventions en fonction des quantités produites) a échoué dans la défense du maintien d'un revenu décent pour tous les viticulteurs. Les producteurs n'ont d'autre solution que d'augmenter leur « surproduction » pour conserver leur niveau de revenu : le système de prix réglementé¹⁷ est orienté à la baisse en période de surproduction pour la campagne viticole suivante, c'est-à-dire que les subventions seront moins importantes dans ces conditions pour un niveau de production identique. Par conséquent, la seule solution pour les viticulteurs est d'augmenter la production pour la campagne suivante. Tel est le processus « vicieux » qui anime le marché communautaire des vins de table à la production : SURPRODUIRE POUR SURVIVRE.

Il faut ajouter deux effets pervers induits sur ce marché :

- Tout d'abord les perturbations engendrées par l'*aléa climatique* et qui pénalisent systématiquement les viticulteurs : lorsque la récolte est trop abondante ou de qualité médiocre sur le secteur des vins de qualité (A.O.C. et V.D.Q.S.), une partie des quantités produites est déversée sur le secteur des vins de table pour maintenir la qualité et l'équilibre économique du secteur des vins de qualité. Ces années-là la surproduction est accentuée par des phénomènes extérieurs au marché des vins de table.
- Un autre facteur est à prendre en compte, bien qu'il soit souvent oublié par l'analyse économique : la *socialisation des moyens de production* par la cave coopérative au profit des adhérents (généralement des petits exploitants non

¹⁷ Le règlement R816/70 a fixé l'organisation d'un système de prix composé de trois éléments : le prix moyen à la production (moyenne des différents prix des états membres), le prix d'orientation (établi sur la moyenne des deux campagnes précédentes) et le prix de déclenchement (borne inférieure du prix d'orientation en-deçà duquel on déclenche les aides communautaires. Voir MURCIA : 1993b, p. 470 – 473.

viables autrement) qui non seulement entretient la surproduction, mais favorise le développement du travail à temps partiel sur les exploitations en permettant, par exemple, aux petits producteurs d'avoir une source de revenu fixe et suffisante en dehors de l'exploitation¹⁸.

Cette description du marché communautaire des vins de table révèle un dysfonctionnement structurel animé par une inadéquation des forces économiques. Une offre hétérogène et en perpétuelle surproduction, confrontée à une demande inélastique, ont produit un marché non compétitif et cependant entretenu par les mécanismes de gestion de la PAC qui ont malheureusement prouvé leur inefficacité.

Au terme de cette analyse économique, il semble intéressant et profitable d'investir le domaine de la macroéconométrie dynamique dans le but de *disséquer* les lieux de la formation des dysfonctionnements, mais également d'en mesurer l'ampleur afin de produire une structure d'étude apte à la recherche de solutions.

UNE INVESTIGATION MACROECONOMETRIQUE DE LA DYNAMIQUE

La problématique soulevée par l'analyse du marché communautaire des vins de table appelle la recherche d'une nouvelle technique de modélisation dynamique des dysfonctionnements macroéconométriques puisque dans le cas des marchés réglementés le système de prix est déconnecté de la réalité économique. Les prix sont devenus exogènes. Par conséquent, ils n'influencent quasiment plus les fonctions économiques du marché. Le but poursuivi est, à partir de l'outil économétrique, l'identification des points de retournement ainsi que la mesure de l'ampleur de la déviation d'un système par rapport à son sentier d'équilibre. Dans ce domaine, force est de constater que la théorie est bien pauvre. Bien que diverses techniques économétriques puissent constituer une partie de la solution, l'instrument n'existe pas.

Un apport méthodologique : la combinaison des instruments

Travailler sur la dynamique implique l'utilisation des séries temporelles. Le double objectif visé est :

- L'identification des points de dysfonctionnement d'un système, c'est-à-dire une *recherche descriptive*,
- La mesure des déviations systémiques, c'est-à-dire une *étude dynamique*.

Ce raisonnement m'a conduit à la combinaison de deux techniques : un modèle Vectoriel AutoRégressif (VAR) enchaîné avec une étude des chocs transitoires multidimensionnelle¹⁹. Cette procédure permet d'étudier l'évolution d'un marché réglementé sur lequel les prix ne sont plus révélateurs de la situation économique.

¹⁸ Voir MURCIA (1991b).

¹⁹ Cette procédure, bien qu'originale, est inspirée des travaux de LÜTKEPOHL & REIMERS (1992) qui procèdent à une étude des chocs transitoires sur une matrice des résidus issue de vecteurs cointégrés.

L'identification des dysfonctionnements par la modélisation Vectorielle AutoRégressive

Lorsque SIMS, en 1980, développe la théorie des modèles vectoriels autorégressifs (VAR), il recherche une description des interactions existant entre les variables d'un phénomène²⁰. Nous entrons dans le domaine des modèles descriptifs basés sur l'observation empirique des événements économiques. SIMS sera suivi dans cette voie par HSIAO (1981, 1982) qui rationalisera la sélection de la longueur des retards des chroniques, et par LITTERMAN (1981, 1986) qui introduira la théorie Bayésienne dans ce type de modèles.

Un modèle VAR est composé d'autant d'équations que de variables. Dans sa forme pure il n'y a pas d'élément exogène et toutes les variables ont la même longueur de retard. Ce modèle révèle des liens de causalité entre des variables sélectionnées, représentatives d'un phénomène économique particulier. À partir d'une estimation de type Moindres Carrés Ordinaires²¹, les liens de causalité apparaîtront lorsque les coefficients estimés du modèle VAR seront significatifs.

La seule contrainte liée au modèle VAR est la stationnarité des séries temporelles. Il faut, par conséquent, procéder à la stationnarisation des chroniques avant la modélisation VAR. Depuis les premiers travaux de FULLER (1976) et de DICKEY & FULLER (1981), le traitement de la stationnarité peut être réalisé aujourd'hui sur n'importe quel type de processus : saisonnier avec HYLLEBERG-ENGLE-GRANGER-YOO (1991) pour le cas trimestriel, FRANSES (1991) pour le cas mensuel, PHILLIPS & PERRON (1988) pour les tendances polynomiales, OULIARIS-PARK-PHILLIPS (1989) pour les processus non linéaires. Cependant, la stationnarité des processus requise pour la modélisation VAR ne se limite pas à la stationnarité individuelle des processus ; il faut également éliminer les relations de cointégration lorsqu'elles existent (GRANGER, 1988) : une relation de cointégration entre deux processus révèle une évolution de long terme commune entre eux. L'effet attendu d'un tel phénomène est l'absorption d'une grande partie de l'information du modèle et la déformation de l'estimation des coefficients. Deux situations peuvent se produire :

- Soit deux processus seulement sont cointégrés, auquel cas on peut remplacer ces deux variables par la variable cointégrante stationnaire dans le modèle²²,
- Soit plus de deux processus sont cointégrés, et dans ce cas on remplacera les séries par celles générées par le modèle à correction d'erreur adéquat (ENGLE & GRANGER, 1987).

❖ *Un apport théorique : la cointégration ne s'accommode pour l'instant que de processus en données annuelles ou trimestrielles. Pour les*

²⁰ Cette démarche s'oppose à la modélisation classique, à équations simultanées par exemple, qui consiste à introduire une somme considérable d'hypothèses non testées (transformant la réalité économique) pour pouvoir valider le modèle.

²¹ On utilisera les Moindres Carrés Généralisés pour les modèles contraints (RVAR) de HSIAO et une pseudo-ridge régression pour les modèles Bayésiens (BVAR) de LITTERMAN.

²² La variable cointégrante Z_t est telle que : $Z_t = Y_t - b'X_t$ où Y_t et X_t sont les processus cointégrés et b' est le vecteur unique de cointégration. Dans ce cas, Z_t est stationnaire et contient toute l'information de long terme des deux processus d'origine.

besoins du marché des vins de table (pour lequel nous disposons de données mensuelles), j'ai été amenée à envisager la recherche de relations de cointégration parmi des processus mensuels. L'utilisation de ce type de données a nécessité la formalisation de la structure mathématique nécessaire pour identifier d'éventuelles relations de cointégration mensuelles, mais également le développement du modèle à correction d'erreur correspondant. Ce travail devrait conduire à une plus large utilisation des modèles VAR en général et de la procédure originale proposée ici en particulier.

N.B. : Comme je l'ai souligné auparavant, à l'époque de ces travaux la cointégration sur données mensuelles n'était pas formalisée. FRANCES, qui travaillait sur le même type de données pour sa thèse, avait résolu ce problème en 1992 mais ces travaux n'étaient pas parvenus en France. J'ai donc dû construire la formalisation théorique de la cointégration en données mensuelles.

Bien que la modélisation VAR soit simple, il faut cependant procéder à une analyse économique approfondie du phénomène étudié afin d'éviter de modéliser et d'exploiter des résultats ne provenant pas du système pressenti. Si ces écueils sont évités, alors au terme de la modélisation le phénomène apparaîtra sous sa forme causale, c'est-à-dire que tous les liens de causalité seront révélés entre les différentes périodes des variables sélectionnées. Nous atteignons là une vision préliminaire de la dimension dynamique d'un phénomène économique.

La mesure et l'ampleur des dysfonctionnements par l'étude des chocs transitoires multidimensionnelle

La seconde étape de la procédure globale de modélisation macroéconométrique dynamique des dysfonctionnements est l'étude des chocs transitoires multidimensionnelle (LÜTKEPOHL & REIMERS, 1992) à partir de la matrice des variance-covariance résiduelle du modèle VAR précédent. Cette technique consiste à observer l'influence d'une modification unitaire sur l'évolution temporelle de la variable jugée comme la plus *représentative* du phénomène²³. De façon plus concrète, l'analyse modifie d'une unité la valeur de l'innovation du processus et observe les déformations apparues sur le système. Cette étude est réalisée sous deux angles différents :

- À partir des fonctions de réponse impulsionnelle :
 - Soit on choque la variable endogène et on observe les déformations sur les (n-1) autres variables du système.
 - Soit on choque les (n-1) autres variables et on observe la déformation de la variable endogène.

²³ Pour le marché des vins de table nous utiliserons la variable de production, pour le marché du pétrole celle du prix *spot*. (MURCIA, 1994a et 1994b).

- À partir de la décomposition de la variance de l'erreur de prévision : ici l'introduction d'un choc unitaire sur la variable endogène produit des écarts de prévision par rapport aux résultats attendus.

La combinaison et l'enchaînement de ces deux techniques permettent effectivement d'atteindre une procédure de modélisation dynamique des dysfonctionnements macroéconomiques. Cette procédure offre un double avantage :

- Elle est facile et simple à utiliser.
- Elle est descriptive et par conséquent passe outre les contraintes pénalisantes de l'économétrie classique.

L'intérêt pour l'analyse économique

Le recours à l'outil économétrique, qui ne constitue en aucun cas une fin en soi, se justifie par la structure atypique des marchés réglementés ou administrés. Dans le cas particulier des vins de table communautaires, le mécanisme de prix est non seulement déconnecté de la réalité du marché (puisque'il résulte d'une moyenne arithmétique des deux campagnes précédentes sans tenir compte des difficultés de la période contemporaine), mais de plus n'apporte aucune stabilité sur le marché (puisque la source essentielle de revenu pour les producteurs est issue de la vente des quantités excédentaires). Par conséquent, l'utilisation des techniques usuelles²⁴ de fonctionnement des marchés est ici caduque.

La procédure élaborée, quant à elle, se justifie par la nécessité pour l'économiste d'approfondir l'analyse de l'évolution dynamique des marchés réglementés. Le recours à l'encadrement, à la réglementation, est généralement le signal d'un dysfonctionnement (hormis pour les marchés de biens publics qui obéissent à des règles d'efficacité économique différentes). L'intérêt de cette procédure est double :

- Elle répond à la recherche d'une structure, d'une représentation, du fonctionnement d'un système dans son évolution dynamique.
- Elle propose une dissection d'un système (à partir de l'observation empirique) qui permet à l'économiste de mieux cerner les points de dysfonctionnement et ainsi de disposer d'une information non négligeable sur le fonctionnement systémique qui constitue une aide précieuse à la décision, à la recherche de solutions adéquates.

L'avantage considérable de cette procédure, par rapport à l'économétrie classique, est d'être empirique : on ne cherche pas ici à expliquer la formation d'une variable, mais à mettre en exergue son évolution lorsqu'elle est conditionnée par les autres variables d'un système particulier. Il n'y a donc pas à craindre les risques d'une *déformation de la réalité économique* comme dans la modélisation classique comportementale. Le seul danger est de ne pas maîtriser au départ la théorie économique, ce qui peut amener l'utilisateur à modéliser autre chose que le phénomène sélectionné, ou de ne pas comprendre les résultats obtenus.

²⁴ Nous faisons référence ici aux techniques d'équilibre à ajustement partiel : PAMEQ (BOWDEN, 1978), ou encore d'introduction des anticipations dans les systèmes administrés de prix (MADDALA, 1989).

L'analyse d'un marché réglementé nous a conduits à chercher les moyens à utiliser pour prendre en compte son évolution dynamique. La particularité du marché des vins de table communautaire s'exprime dans une dislocation générale des mécanismes économiques traditionnels. Malgré l'encadrement du marché par un système de prix réglementés, les fonctions d'offre et de demande ne convergent pas, voire même adoptent des comportements de plus en plus éloignés. Malheureusement, les Instance Communautaires ne peuvent pas tolérer une telle situation puisqu'elles se sont engagées à maintenir un revenu décent pour l'ensemble des viticulteurs. Il semble, aujourd'hui, que la gestion de la PAC a échoué. Condamner l'ensemble des acteurs de ce secteur serait intolérable. Aussi devons-nous proposer des solutions, ou tout du moins un programme de retour vers plus de rationalité économique. Dans cette optique, l'utilisation de la procédure macroéconométrique a révélé les points de dysfonctionnement ainsi que la sensibilité des différentes variables du marché. Cet ensemble d'information nous amène à deux conclusions :

- La production est extrêmement sensible à la moindre modification des autres variables du marché. Il apparaît clairement que les producteurs adaptent très rapidement le niveau de leur production afin de maintenir celui de leur revenu de la campagne précédente.
- Le critère de subvention selon les quantités produites est l'élément principal du dérèglement du marché.

Face à cette situation critique du marché communautaire des vins de table, deux propositions de retour à plus de rationalité peuvent être avancées :

- Une première proposition concerne l'instauration d'un *marché à terme*, du type de ceux utilisés sur d'autres marchés de produits agricoles. Dans ce cas, les intermédiaires (négociants, commerciaux...) auraient pour rôle de définir le niveau des quantités produites par type de production pour la campagne suivante. Les négociations s'effectueraient selon des contrats à terme à partir des récoltes sur pied. Pour pallier l'incertitude liée à l'aléa climatique, les participants au marché pourraient se couvrir lors de la transaction avec par exemple le recours à des options. Cette proposition, qui peut sembler brutale pour les producteurs, serait une solution radicale de retour à des règles d'efficacité économique de marché²⁵.
- Une autre proposition a été faite dès 1991 par M. MACSHARRY²⁶, Commissaire à l'Agriculture au sein de la Communauté Économique. Il s'agirait dans une période future (fixée pour 1996 pour les céréales dans le rapport) de remplacer le régime de subvention actuel non efficace par un régime de transfert forfaitaire adapté selon les besoins de chacun des bénéficiaires éventuels. Cette proposition malheureusement laisse entrevoir d'importantes difficultés budgétaires : elle nécessiterait la mise en place d'une administration spécialisée dans ce secteur et suffisamment bien implantée auprès des viticulteurs pour gérer efficacement l'allocation des transferts.

²⁵ Ces propositions ont par la suite été mises en place et continuent, selon les secteurs, à être utilisées.

²⁶ Cette proposition est très clairement expliquée dans le document de FOLMER *et alii* (1993).

2.2.2. *Le pétrole comme nouvelle arène de vérification macroéconométrique*

À cette même époque, j'ai engagé des travaux sur le marché du pétrole. J'ai appliqué cette même combinaison de techniques et c'est pourquoi je ne m'étendrai pas davantage sur ces travaux. Il s'agissait de vérifier certaines hypothèses macroéconométriques élaborées dans ma thèse sur d'autres marchés de matières premières, notamment énergétiques. Les résultats obtenus à partir de la procédure macroéconométrique ont permis de mettre en exergue le fonctionnement particulier de ce marché, à savoir que le prix SPOT est le seul élément à influencer la production. Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs publications, tant dans des revues internationales à comité de lecture (MURCIA, 1994a), que des chapitres d'ouvrage (MURCIA *et al.*, 1995b) ou des présentations dans des colloques avec actes (MURCIA, 1991a, 1993a, 1994b) pour lesquelles j'ai parfois bénéficié de l'appui de Walter C. LABYS, professeur en ressources économiques à l'université de West Virginia (USA) et qui fut le premier thésard de Clive W.J. GRANGER au début des années 1970. Une de ces publications (n°241 dans la liste suivante) a été citée dans « *The International Statistical Theory Methodological Abstract* » de **The International Institute** – Vol.37, n°7, 1996 (15 références), ref.37-49-58 :

Extrait de *International Bibliography of the Social Sciences: Economics 1995*

Time series
Séries temporelle

- 237 Backpropagation in time-series forecasting. G. Lachtermacher; J.D. Fuller. **J. Forecast.** 14:4 7:1995 pp.381 - 393.
- 238 Bayesian and classical econometric modeling of time series. Svend Hylleberg; Henk Hoek; André Lucas; Herman K. van Dijk; Gary Koop; Jacek Osiewalski; Mark F.J. Steel; Michel Lubrano; Søren Johansen; H. Peter Boswijk; Neil R. Ericsson; Jean-Pierre Urbain; Katarina Juselius; Jan F. Kiviet; Garry D.A. Phillips; Bernhard Schipp; Grayham E. Mizon; Peter C.B. Phillips; Franz C. Palm; Jean-François Richard. **J. Economet.** 69:1 9:1995 pp.5 - 365. *Collection of 16 articles.*
- 239 Bootstrap inference for a first-order autoregression with positive innovations. Somnath Datta; William P. McCormick. **J. Am. Stat. Ass.** 90:432 12:1995 pp.1289 - 1300.
- 240 Distribution and extrapolation of time series by related series using logarithms and smoothing penalties. Maximiano Pinheiro; Carlos Coimbra. **Economia [Lisbon]** XVII:3 10:1993 pp.359 - 374.
- 241 Dynamique du marché du pétrole. Approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de HEGY des chroniques trimestrielles saisonnières. *[In French]*; [The dynamics of the petroleum market. A vector autoregression approach to HEGY stationarity for quarterly seasonal time series] *[Summary]*. Véronique Murcia; Michel Terraza. **J. Soc. Stat. Paris** 136:4 4:1995 pp.57 - 74.
- 242 Effects of the Hodrick-Prescott filter on trend and difference stationary time series: implications for business cycle research. Timothy Cogley; James M. Nason. **J. Econ. Dyn. Cont.** 19:1-2 1-2:1995 pp.253 - 278.
- 243 Estimation and testing for unit roots in a partially nonstationary vector autoregressive moving average model. Sook Fwe Yap; Gregory C. Reinsel. **J. Am. Stat. Ass.** 90:429 3:1995 pp.253 - 267.

13

B: METHODS

- 244 Forecasting futures trading volume using neural networks. Ieabeling Kaastra; Milton S. Boyd. **J. Futur. Mark.** 15:8 12:1995 pp.953 - 972.
- 245 Forecasting industrial production using non-linear methods. J.D. Byers; D.A. Peel. **J. Forecast.** 14:4 7:1995 pp.325 - 336.
- 246 Highest-density forecast regions for non-linear and non-normal time series models. R.J. Hyndman. **J. Forecast.** 14:5 9:1995 pp.431 - 442.
- 247 The identification of seasonal autoregressive models. Sergio G. Koreisha; Tarmo Pukkila. **J. Time Ser. Anal.** 16:3 5:1995 pp.267 - 290.
- 248 Judging the probability that the next point in an observed time-series will be below, or above, a given value. F. Bolger; N. Harvey. **J. Forecast.** 14:7 12:1995 pp.597 - 607.
- 249 La longue période sériation, économétrie, interrogations. *[In French]*; [Long run time series analysis, econometrics, questions]. J.-F. Vidal; R. Fremdling; J.-C. Asselain; J.-P. Dormois; C. Bardini; N. Geneste; L. Schilling; G. Caire; A. Pirotte; F. Bismans; F. Bayard; J.-Y. Grenier. **Ec. Sociét.** XXIX:12 12:1995 pp.5 - 294. *Collection of 12 articles.*
- 250 Moving average detrending and the analysis of business cycles. Denise R. Osborn. **Ox. B. Econ. S.** 57:4 11:1995 pp.547 - 558.
- 251 Das neue Saisonbereinigungsverfahren des WIFO. *[In German]*; (WIFO's new seasonal adjustment procedure.) *[Summary]*. Michael Wüger. **Monatsberichte** 68:10 1995 pp.625 - 635.
- 252 Neural networks versus time series methods: a forecasting exercise; *[Summary in Portuguese]*. Marcelo S. Portugal. **Rev. Bras. Ec.** 49:4 10-12:1995 pp.611 - 630.
- 253 Nonparametric estimation and identification of nonlinear ARCH time series: strong convergence and asymptotic normality. Elias Masry; Dag Tjøstheim. **Economet. Th.** 11:2 6:1995 pp.258 - 289.
- 254 On the relationship between generalized least squares and Gaussian estimation of vector ARMA models. D.S. Poskitt; M.O. Salau. **J. Time Ser. Anal.** 16:6 11:1995 pp.617 - 645.

- 255 On the strength of a time series generated by a chaotic map. Peter Hall; Rodney C.L. Wolff. **J. Time Ser. Anal.** 16:6 11:1995 pp.571 - 583.
- 256 Periodic cointegration: representation and inference. H. Peter Boswijk; Philip Hans Franses. **Rev. Econ. St.** LXXVII:3 8:1995 pp.436 - 454.
- 257 Potential problems in estimating bilinear time-series models. Allan D. Brunner; Gregory D. Hess. **J. Econ. Dyn. Cont.** 19:4 5:1995 pp.663 - 682.
- 258 The seasonal unit root structure in New Zealand macroeconomic variables. R.S. McDougall. **Appl. Econ.** 27:9 9:1995 pp.817 - 828.
- 259 Spurious break. Luis C. Nunes; Chung-Ming Kuan; Paul Newbold. **Economet. Th.** 11:4 10:1995 pp.736 - 749.
- 260 A state space approach to forecasting the final vintage of revised data with an application to the index of industrial production. K.D. Patterson. **J. Forecast.** 14:4 7:1995 pp.337 - 350.
- 261 Sur la convergence des mesures de persistance relativement à la fréquence d'échantillonnage. *[In French]*; (On the convergence of the measures of persistence with sampling frequency.) Jérôme Glachant. **Ann. Econ. Stat.** 35 7-9:1994 pp.107 - 142.
- 262 Systematic sampling, temporal aggregation, seasonal adjustment, and cointegration: theory and evidence. C.W.J. Granger; Pierre L. Siklos. **J. Economet.** 66:1-2 3-4:1995 pp.357 - 370.
- 263 Temporal aggregation and economic time series. Robert J. Rossana; John J. Seater. **J. Bus. Econ. Stat.** 13:4 10:1995 pp.441 - 451.
- 264 Time series explanations of merger activity: some econometric results. Jonathan Crook. **Int. R. Applied Ec.** 9:1 1995 pp.59 - 85.
- 265 Trending multiple time series. Peter C.B. Phillips [Ed.]; P. Jeganathan; Pentti Saikkonen; In Choi; Byung Chul Ahn; Michael T.K. Horvath; Mark W. Watson; Hiro Y. Toda; Yoosoon Chang; Yuichi Kitamura; Christopher L. Cavanagh; Graham Elliott; James H. Stock; Bruce E. Hansen. **Economet. Th.** 11:5 12:1995 pp.811 - 1171. *Collection of 11 articles.*

14

B: MÉTHODES

- 266 Unit root tests in ARMA models with data-dependent methods for the selection of the truncation lag. Serena Ng; Pierre Perron. **J. Am. Stat. Ass.** 90:429 3:1995 pp.268 - 281.

Au terme de cette période, mes aspirations s'inscrivaient dans le domaine des mécanismes des marchés réglementés et je m'intéressais alors à la capture des lieux de dysfonctionnement de ces marchés. Au-delà de l'organisation pure des marchés, il était possible d'entrevoir une amélioration de la théorie du contrôle puisque ces recherches s'appliquaient à affiner les relations dynamiques des systèmes économiques. À cette époque, les travaux de cette nature n'étaient pas légion. En France, peu d'économistes avaient investi ce domaine. Les recherches étaient quelque peu « timides », les techniques nous parvenaient lentement ; les revues n'étaient pas encore disposées à publier de tels travaux de recherche comme nous le verrons dans la section (2.3) consacrée à l'histoire des concepts des séries temporelles.

2.2.3. Le riz : une matière première agricole emblématique en Afrique subsaharienne

Mon arrivée au CIRAD m'a permis de reprendre contact avec la recherche des matières premières agricoles. Le riz y est un produit phare dans tous les secteurs de la recherche : agronomique, technique et économique²⁷. Depuis sa création, le CIRAD participe à l'amélioration des conditions de vie dans les pays *des Suds* où le riz est une denrée incontournable, qualifiée de « matière première emblématique de la consommation

²⁷ Mes travaux sur le riz s'inscrivent en transversale dans les axes de recherche du CIRAD. Ils participent notamment aux axes 3 sur la sécurité alimentaire et 5 sur les actions de politiques publiques.

alimentaire des pays pauvres » (LANÇON & MENDEZ DEL VILLAR, 2008). Le riz est consommé dans les pays producteurs, exportateurs et importateurs.

Jusqu'en 2007 le prix du riz (dans les diverses économies africaines, y compris le prix international) était relativement stable, voire orienté historiquement à la baisse étant donné la dégradation constatée des termes de l'échange des pays en développement face aux pays industrialisés (hypothèse de PREBISCH : 1950, 1959, et SINGER : 1950). La culture du riz dans la plupart des *zones chaudes* de la planète favorisait jusque-là une stabilité de l'offre en termes de rendements et de stocks, parvenait aussi à compenser les aléas climatiques éventuels. Puis l'année 2007 s'est caractérisée par des dérèglements économiques considérables conduisant, après le chaos économique-financier international, à une flambée des prix des matières premières agricoles, dont le riz. Les répercussions de ce choc économique ont envahi les divers pans de l'économie : les quantités et les prix des stocks d'importations de céréales, les stratégies adaptatives des décideurs politiques, les prix des produits dérivés, les prix des produits substitués, les prix au consommateur dont l'explosion a conduit à l'épisode malheureusement célèbre des « émeutes de la faim ». Les ondes de choc se sont cependant transmises avec une intensité selon le degré d'influence, de permissivité, des économies nationales aux turbulences internationales (MEURIOT, 2012b).

L'étude de ce chaos en Afrique subsaharienne est intéressante à bien des égards : la diversité de la dépendance économique au produit riz notamment, l'hétérogénéité des économies rizicoles ouest-africaines, le rôle de l'ethnographie... ce qui nous ramène à l'histoire de ces territoires, à l'histoire de la colonisation.

Un bref détour historique

On ne peut pas raisonnablement travailler sur le riz en Afrique subsaharienne sans connaître l'épisode historique de la colonisation. Le cas du Sénégal est certainement le plus significatif, qui a conduit aux « émeutes de la faim » en 2008. Il nous faut pour cela nous plonger dans l'Afrique du XIXe siècle...

En 1854, le gouverneur français FAIDHERBE, en poste au Sénégal, se doit de mettre en place la politique française de l'époque consistant à déplacer la culture du riz – ancestrale au Sénégal en Casamance – vers les nouveaux comptoirs d'Indochine en particulier, et de la remplacer par la culture de l'arachide à des fins d'exportation (MAÏGA, 1995 ; BARRY, 1998 ; AMIN, 1969). Ce changement de culture a entraîné des modifications sensibles dans la consommation des ménages sénégalais : ils devaient s'habituer à consommer du riz d'importation puisque le riz local allait disparaître (MEURIOT, 2012b).

Le Sénégal reste encore aujourd'hui l'un des plus gros importateurs de riz d'Afrique de l'Ouest. Depuis les années 1990, l'État a privilégié la libéralisation de la filière riz, sa privatisation (BOUSSARD – GERARD - PIKETTY, 2005). Ainsi, l'ensemble des importateurs de riz sénégalais – qui se comporte en oligopole – contrôle ce marché de bout en bout : depuis l'achat de stocks sur les bourses internationales jusqu'aux circuits de distribution, ce qui en Afrique conditionne également les marchands de rue (FALL et SY, 2003). Des jeux d'acteurs se sont mis en place, exacerbés par la flambée du prix international du riz ; une pratique

répandue consiste par exemple à maintenir les bateaux (apportant les stocks de riz importés par containers) à quai en attendant une évolution à la hausse du prix international.

A l'opposé, le Mali est un producteur net de riz sur les bords du fleuve Niger notamment. Ici, la préférence des consommateurs va au riz local, le riz importé étant dénigré. La flambée du prix international du riz n'a donc eu qu'un impact mineur comme nous le verrons.

Un cas plus contrasté est incarné par le Cameroun qui non seulement dispose de biens substituts (plantain, manioc), mais a su faire jouer également le facteur ethnographique pour amoindrir les effets économiques de la flambée des prix (MEURIOT-TEMPLE-MADI, 2011).

Un contexte économique contrasté

L'hétérogénéité des économies ouest-africaines a conduit à des situations contrastées en réaction à la flambée des prix de 2007 / 2008. Les premières interrogations se sont portées sur une mesure de la transmission des chocs (MEURIOT *et al.*, 2008), puis sur une analyse de volatilité des prix du riz (MEURIOT *et al.*, 2009)²⁸. Alors que nombre d'économistes pensaient que cette hausse des prix serait une aubaine pour les producteurs africains, force est de constater que rien de tel ne s'est produit (LANÇON – MEURIOT *et al.*, 2011). L'Afrique de l'Ouest s'est orientée vers un nouvel épisode de résilience. Les facteurs avancés sont :

- l'augmentation de la demande mondiale : répondre à l'accroissement démographique quand les surfaces cultivées entre en concurrence avec les agro-carburants,
- les facteurs naturels tels que les aléas climatiques qui entraînent une baisse des stocks,
- la hausse du prix du pétrole qui vient percuter le prix des intrants pour les producteurs, et entraîne les coûts de transport à la hausse pour les consommateurs,
- la dépréciation du dollar dont le corollaire est l'augmentation des transactions financières sur les marchés des produits dérivés des produits agricoles.

Il n'existe pas de consensus sur l'importance de ces facteurs, seulement un constat de paupérisation des économies africaines.

Dans ce contexte, l'économétrie des séries temporelles peut apporter deux types d'information : l'une sur le degré de transmission entre les mouvements internationaux et nationaux, l'autre sur une mesure de volatilité des prix du riz.

LES MECANISMES DE TRANSMISSION : D'UN DIPTYQUE ANALYTIQUE AUX MESURES ECONOMIQUES

La hausse brutale du prix international du riz a eu des répercussions à divers niveaux dans les économies ouest-africaines. Au-delà des cas polaires que représentent le Sénégal et le Mali – entre transmission parfaite et absence de transmission (MEURIOT, 2012b ; MEURIOT & LANÇON, 2013) –, j'ai été amenée à analyser des situations hybrides. Cette hétérogénéité, comme je l'ai rappelé auparavant, est conditionnée par l'existence de produits substituts au riz

²⁸ Ces études ont fait l'objet de rapports de recherche à la demande de la Fondation FARM dans lesquels j'ai dirigé les travaux économétriques qui structuraient l'analyse.

qui conditionnent les préférences des consommateurs et donc l'organisation des marchés domestiques des céréales.

J'effectue cette analyse des mécanismes de transmission dans trois dimensions :

- une transmission verticale : du prix international vers le prix du riz national,
- une transmission horizontale : du prix du riz national sur les autres produits substitués,
- une transmission horizontale indirecte (lorsque cela est possible) : du prix international sur les prix des produits substitués.

La méthodologie mise en place est une étude dynamique entre les différentes séries de prix. Au terme de cette investigation, j'ai élaboré une grille d'analyse des actions de politiques publiques pour les pays ouest-africains (MEURIOT, 2012b ; MEURIOT & LANÇON, 2013).

L'analyse des mécanismes de transmission

Identifier des mécanismes de transmission entre séries de prix relève de la modélisation dynamique. L'idée première est que s'il y a transmission parfaite alors les séries doivent suivre une même évolution. Nous sommes alors dans un cas de cointégration qui identifie une relation de long terme commune entre séries (GRANGER, 1983 ; ENGLE et GRANGER, 1987). Cependant, l'hétérogénéité des économies d'Afrique de l'Ouest conduit à des situations beaucoup plus contrastées. La cointégration ne peut révéler qu'un cas de transmission (quasi)parfaite, comme je l'ai souligné à plusieurs reprises (MEURIOT, 2008, 2009, 2011, 2012b). Bien des travaux d'économétrie « agricole » s'arrêtent à l'identification d'une relation de cointégration (par exemple HALLAM *et al.*, 2003)... Or, une transmission imparfaite, c'est-à-dire non régulière au cours du temps ou apparaissant par à-coups, ne se manifestera pas par une relation de cointégration : les tests de cointégration seront rejetés.

En revanche, une transmission imparfaite devrait pouvoir être identifiée par un modèle VAR qui exploite les relations causales instantanées et retardées entre les séries (SIMS, 1980). Ce type de modèle, qui n'est finalement que la partie dynamique de court terme du modèle vectoriel à correction d'erreur en l'absence de relation de cointégration (VECM²⁹ : GRANGER, 1983) *recupère* les influences de court terme entre les séries de prix. Il est donc adapté à la mesure des mécanismes de transmission imparfaite. Bien entendu, l'étude des fonctions de réponse impulsionnelles compléteront cette analyse dynamique. Ces fonctions de réponse comme prolongement du modèle VAR sont déjà présentes dans l'article de SIMS (1980), bien qu'il n'en donne pas d'exemple³⁰. Il faudra attendre 1992 et les travaux de LÜTKEHPOL et REIMERS pour une rationalisation entre cointégration, modèle VAR et fonctions de réponse impulsionnelles.

FEVE (2005) pointe cependant une faiblesse de ces fonctions, comme le manque de précision lié à des intervalles de confiance trop larges. Mais ce constat est valable pour toute l'estimation économétrique qui évolue dans un univers probabiliste depuis les travaux de

²⁹ Le modèle VECM *accorde* la dynamique de long terme (cointégration) à la dynamique de court terme entre séries. Il ne peut exister de VECM qu'entre séries cointégrées sinon on tombe dans le champ des « spurious regressions » mis en exergue par GRANGER et NEWBOLD (1974).

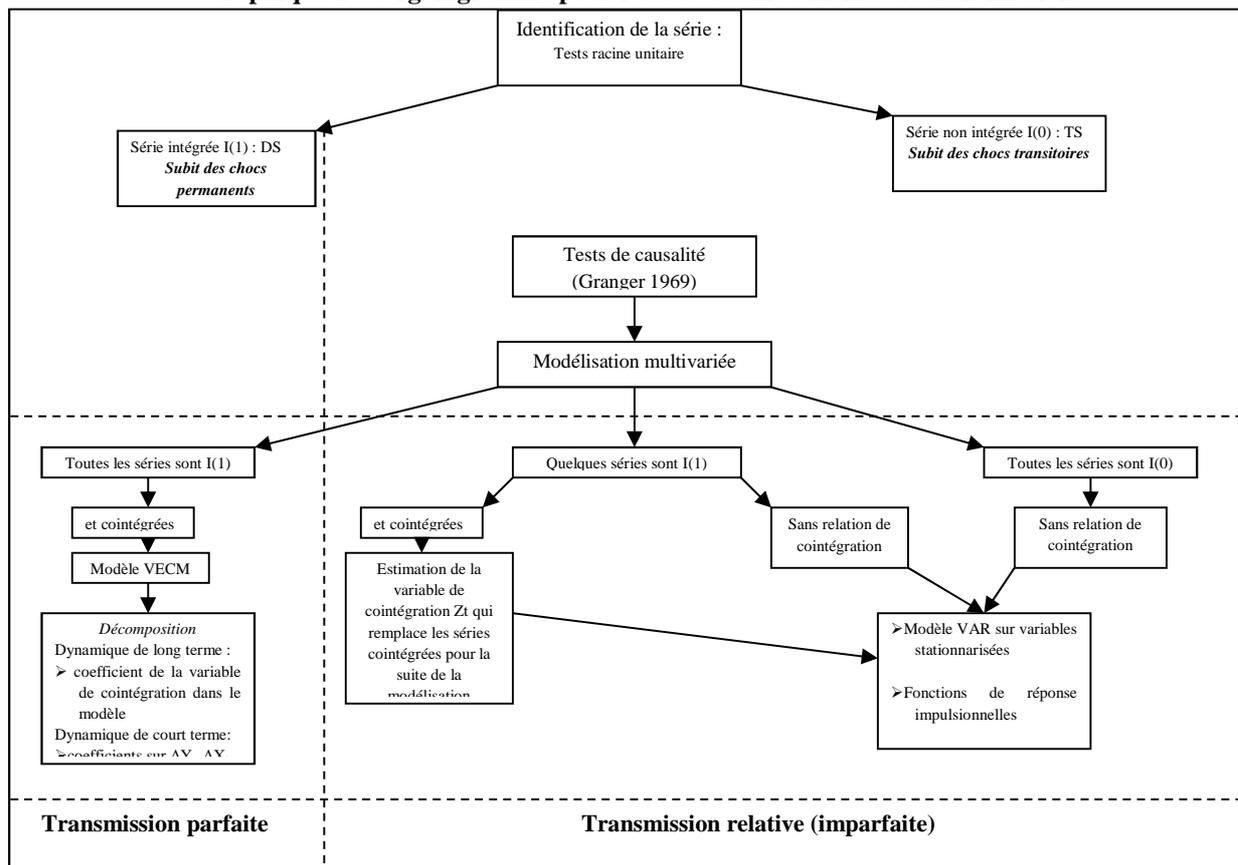
³⁰ Voir par exemple MEURIOT (2012a) « Une histoire des concepts des séries temporelles ».

HAAVELMO (1944). L'imprécision dont parle FEVE devrait nous amener à raisonner en terme d'« indicateurs » d'évolution plus qu'en valeurs absolues. Les dynamiques révélées par ces fonctions sont intéressantes pour l'économiste parce qu'elles nous renseignent sur les *délais de transmission*. En présence d'une transmission imparfaite, l'analyste doit être capable de mesurer l'intensité du degré de transmission mais également les délais nécessaires à ces mécanismes de transmission : des délais importants seront révélateurs d'une capacité de résistance du marché observé. De façon analogue, un degré d'intensité de transmission faible témoignera de la déconnexion (étanchéité) du marché par rapport aux fluctuations internationales.

Le modèle VAR et ses extensions ont été conçus par SIMS pour analyser les interrelations entre variables à l'intérieur d'un système économique. Ces interrelations reposent sur des relations causales « au sens de Granger ». Elles exploitent toutes les directions et les temporalités entre les séries.

J'ai donc élaboré un organigramme depuis 2008 pour analyser le polymorphisme des mécanismes de transmission :

Graphique 1 – Organigramme pour l'étude des mécanismes de transmission



MEURIOT *et al.* (2011)

La réponse des marchés locaux : quelles mesures de politique économique ?

Les résultats économétriques obtenus au cours de plusieurs types d'investigation ont été reçus avec enthousiasme de la part des partenaires d'Afrique de l'Ouest – des chercheurs autant que des politiques. Mais à ce stade de l'analyse, leurs connaissances du terrain m'étaient

nécessaires pour boucler le travail d'économétrie tel que je l'ai toujours conçu, à savoir le retour à la réalité économique. Ainsi, les partenaires m'ont permis de comprendre ce que j'observais depuis mes résultats économétriques : pourquoi tel délai, pourquoi telle résistance sur tel marché, etc. Pour eux, ces résultats avaient quelque chose de magique puisqu'ils attestaient des pratiques et des jeux d'acteurs. J'ai ainsi poursuivi ce travail en mettant en parallèle les résultats économétriques et les mesures économiques potentielles. J'ai construit une grille d'analyse économique en réponse aux différents mécanismes de transmission :

Tableau 1 – Grille d'analyse des actions de politiques publiques

	Nature de la transmission		
	parfaite	imparfaite	absence
Conséquences économiques	Dépendance totale aux fluctuations du prix international	Impact relatif des fluctuations du prix international	Indépendance totale aux fluctuations du prix international
Poids des actions de politiques publiques	Faible : <i>Dépend des conditions économiques pour s'affranchir du produit importé (ces conditions sont généralement quasi-inexistantes) Ne peuvent intervenir dans le court terme.</i>	Relatif : <i>Encourager le développement des cultures locales y compris des produits substitués. Soutien aux agricultures locales. Maintien de l'offre locale.</i>	Fort : <i>Améliorer les conditions de production et de commercialisation des produits locaux pour renforcer cette indépendance. Régulation par l'offre et la demande.</i>
Mesures économiques	Politique de stockage en fonction du niveau du prix à l'importation. Accords bilatéraux ? Promouvoir l'agriculture locale par un développement agro-économique. Diversification alimentaire du marché intérieur.	Mise en place de barrières douanières à l'importation. Suspension des taxes sur les produits locaux. Subventions en faveur de la production nationale. Politique des « stocks régulateurs »	Développement agro-économique pour améliorer les conditions de production et de commercialisation des produits locaux.
Côté court du marché	L'extérieur : contraignant pour les économies	Arbitrage sur l'influence de l'extérieur par les acteurs et décideurs nationaux et locaux	Acteurs et décideurs nationaux et locaux : pas de contrainte extérieure

MEURIOT (2012b)

La combinaison de l'organigramme et de cette grille d'analyse nous conduit à la conclusion que *le degré de transmission est inversement proportionnel à la liberté d'action des acteurs et des décideurs politiques*, comme j'ai pu le mentionner (MEURIOT, 2012b). Cette grille est transposable à d'autres types d'analyse de marchés à condition de bien identifier le côté court du marché.

Mais l'analyse des mécanismes de transmission n'est qu'une partie du travail d'analyse des répercussions du choc initié par la flambée des prix des matières premières. Les économistes se sont rapidement interrogés sur la contagion induite dans les économies des pays en développement et donc sur une éventuelle volatilité des prix des matières premières agricoles.

LA VOLATILITE DES PRIX : LES JEUX D'ACTEURS REVELES ?

Il persiste une confusion en économie agricole sur ce qu'est réellement la volatilité. Nombre d'économistes considèrent qu'un mouvement quelconque du prix est signe de volatilité. Ainsi voyons-nous encore de nombreux travaux sur la volatilité qui se résument à des analyses en coefficients de variation. Or, la volatilité telle qu'analysée en économétrie des séries temporelles (ENGLE, 1982 ; BOLLERSLEV, 1986) est bien plus précise.

La modélisation de la volatilité à partir du processus d'anticipation (ENGLE, 1982)

Lorsque ENGLE met au point le modèle autorégressif à hétéroscédasticité conditionnelle (ARCH), il est à la recherche d'une capture des processus d'anticipation des agents (MEURIOT, 2012a). Son intuition est que l'anticipation – non prévisible – échappe à l'identification du processus générateur de la série. Elle ne peut alors se loger que dans la variance du processus, et uniquement dans un domaine hors de la loi normale. Il s'agit de mouvements erratiques de la variance et dépendant du temps. L'analyse de ENGLE est qu'il reste un autre processus générateur dans la variance, conditionné par l'historique du processus, différent de celui qui anime la partie déterministe. C'est cette dépendance temporelle dans la chronique résiduelle qui caractérise un processus de type ARCH. Cette particularité viole l'hypothèse d'homoscédasticité des résidus requise pour modélisation.

Le modèle ARCH est donc construit à partir de la chronique résiduelle des séries et recherche un nouveau processus générateur (différent du processus générateur initial) dans cette série.

Dès le résumé de l'article de 1982, ENGLE insiste sur la particularité des modèles ARCH et en circonscrit l'analyse :

« Ce sont des modèles de moyenne nulle, des processus non corrélés sériellement avec des variances conditionnelles à leur passé non constantes, mais dont les variances non conditionnelles sont constantes. [...] Pour tester si les résidus suivent un processus ARCH, nous employons la procédure du multiplicateur de Lagrange. Le test est simplement basé sur l'autocorrélation du carré des résidus des MCO. »

Ainsi, si les processus ARCH identifient des processus d'anticipation, alors ils sont adaptés à l'identification de la volatilité qui se traduit par ces mêmes mouvements erratiques. En conséquence, tout mouvement de variance n'est pas assimilable à de la volatilité : la volatilité, telle qu'elle est appréhendée en économétrie des séries temporelles, est cette partie d'un mouvement tendanciel qui échappe à une quelconque forme de régularité apparente (tendance, saisonnalité, cycle déterministe). Par conséquent, lancer des analyses de

volatilité à partir des coefficients de variation risque de conduire à une surestimation de la volatilité.

En 1986, BOLLERSLEV généralisera dans le temps le modèle ARCH de ENGLE en adaptant le modèle à des structures de retard plus longues. L'un des intérêts de ces modèles est de distinguer entre l'influence de l'historique du processus observé et celle des variables exogènes conditionnant l'évolution de ce processus. L'estimation se décompose en deux étapes :

- l'estimation d'un processus par rapport à des variables exogènes supposées contribuer à son évolution,
- l'estimation du processus résiduel en distinguant la contribution du processus initial et celle des variables exogènes.

Les jeux d'acteurs révélés ?

Au cours des différentes analyses que j'ai menées, il est apparu manifeste que les deux coefficients d'un processus GARCH(p,q) avait un rôle particulier dans la manifestation de la volatilité des prix. Si nous reprenons l'écriture d'un processus GARCH, alors les deux éléments qui le composent représentent deux types de volatilité distincts :

- le premier $(\sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2)$ intègre les influences environnementales du processus donc un aspect exogène de cette volatilité,
- tandis que le second $(\sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2)$ incarne un aspect endogène de la volatilité.

Ainsi, en remontant à l'analyse économique des marchés étudiés, nous pouvons distinguer entre³¹ :

- une *volatilité de nature conjoncturelle* qui est conditionnée par des événements extérieurs d'échange associés à la formation du prix (aléa climatiques, techniques, etc.) qui s'écrit $(\sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2)$ et est appréciée par le passé des résidus.

On capture ici les effets fréquents (exogènes).

- Une *volatilité de nature structurelle* qui est conditionnée par des variations de prix parfaitement imprévisibles et résultant essentiellement du comportement des agents. Cette volatilité est endogène au marché. Elle peut être considérée comme un indicateur de performance des marchés. Elle se manifeste par $(\sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2)$, expression dans laquelle intervient la mémoire de la volatilité, les influences de long terme. Nous sommes vraisemblablement dans ce cas dans la manifestation d'une volatilité pure, qui ne s'explique par aucun événement extérieur et demeure par conséquent non prévisible.

³¹ Ces conclusions apparaissent dans MEURIOT *et al.*, 2009.

Ces conclusions apparaissent dans MEURIOT *et al.*, 2009.

Les comportements à risque des acteurs : la décomposition en ondelettes

Plus récemment, j'ai collaboré à un travail exploratoire sur la stratification des comportements anticipatifs des agents à partir d'une décomposition en ondelettes (DIALLO – MEURIOT – TERRAZA, 2012a et 2012b). Face à l'émergence d'une nouvelle instabilité du prix des matières premières agricoles, la question se pose de comprendre le rôle des acteurs financiers sur le cours de ces matières premières.

Les transactions ont plus que triplé entre 2002 et 2008. Parmi les raisons invoquées, SCHERER et HE (2008) estiment que cet accroissement des transactions sur les marchés des matières premières agricoles est dû au type de prime de risque – unique et non reproductible – associée à ces produits. DOMANSKI & HEALTH (2007) ont observé une corrélation positive du cours de ces produits avec l'inflation, et une corrélation négative avec le dollar. Ainsi, ces cours joueraient le rôle d'une couverture et confèrerait ainsi un statut financier particulier aux matières premières agricoles, ce que résumait GORTON et ROUWENHORST (2004) en définissant ces produits comme des actifs particuliers. Mais quel est le rôle des opérateurs dans l'accroissement de l'instabilité des prix des matières premières ?

- *Pourquoi le recours à la décomposition en ondelettes ?*

Les analyses standard telles que les modélisations VAR (SIMS, 1980 ; LÜTKEPOHL & REIMERS, 1992) détectent des relations causales temporelles. Cependant, elles ne permettent pas de distinguer les comportements selon les fréquences de trading. L'augmentation du nombre de transactions sur les marchés à terme des matières premières (DOMANSKI & HEALTH, 2007 ; MAYER, 2009), nécessite une investigation sur les différences fréquences de trading.

L'intérêt d'une analyse par type de fréquence de transactions – leurs différents termes – est de révéler des différences de comportements de la part des acteurs. L'une des questions auxquelles il nous faut répondre est d'identifier le sens de la causalité entre les marchés des matières premières agricoles et les marchés financiers associés. Là encore, si le modèle VAR peut identifier l'existence et la nature du lien de causalité, il ne peut résoudre l'analyse sur les différentes fréquences de trading : l'accroissement du nombre des transactions est différent selon l'horizon de la transaction. FUSARO et VASEY (2006) prétendent que les agents opérant à court terme sur les marchés financiers ont multiplié leurs interventions par plus de trois, le rythme d'accroissement étant moins important au fur et à mesure que le terme des transactions s'allonge. On observe cependant des particularités selon les fréquences. Dissocier les horizons de transactions pour utiliser autant de modèles VAR réduirait l'information globale dont nous disposons *a priori* sur les marchés : nous serions incapables de voir les interférences (interrelations) entre les oscillations des différents types de transaction. En

revanche, en utilisant une décomposition à la DAUBECHIES (1990, 1992), nous nous affranchissons de ce problème.

- *Quelques premiers résultats...*

Nous avons procédé par décomposition de six bandes de fréquences à partir des observations mensuelles³² des transactions réalisées entre juin 1986 et décembre 2010. Les données sont celles de l'indice du S&P500 du Chicago Board Options Exchange pour les activités financières, et l'indice recomposé des prix des céréales base 100 en 2005³³. Ainsi :

- D1 : transactions à horizon compris entre 1 et 2 mois,
- D2 : transactions à horizon compris entre 3 et 4 mois,
- D3 : transactions à horizon compris entre 4 et 8 mois,
- D4 : transactions à horizon compris entre 8 et 16 mois,
- D5 : transactions à horizon compris entre 16 et 32 mois,
- D6 : transactions à horizon compris entre 32 et 64 mois.

Au terme du travail de décomposition en ondelettes, nous observons un comportement différencié des opérateurs en fonction de l'horizon de transaction. Ainsi :

- Les opérations à haute fréquence (D1, D2 et D3) : nos résultats indiquent un lien de causalité du marché des matières premières vers la fixation de la cotation de ces produits. Le marché du physique *tient son rôle*.
- Les opérations à moyenne et basse fréquences (D4 et D6 uniquement) : nous observons un phénomène de rétroaction entre les deux marchés. Nous pouvons en déduire une espèce de temporisation de la part des opérateurs qui attendent en premier lieu l'information des marchés financiers pour ensuite prendre position sur les marchés des matières premières agricoles.
- Les opérations à horizon de 16 à 32 mois (D5) sont particulières : ce sont exclusivement les marchés financiers qui causent les prix des matières premières agricoles. Cette catégorie d'opérations semble la plus « financiarisée ». Il semblerait que les agents opérant à ces horizons soient les plus « spéculatifs ». Ces horizons temporels sont suffisamment longs pour intégrer les aléas climatiques, économiques et autres. Les jeux de marché ont eu le temps de se mettre en place : évolution des stocks, des importations et des exportations. Nous sommes effectivement là sur des termes de transaction qui « autorisent » des comportements spéculatifs.

Cette analyse des comportements par décomposition en ondelettes (DIALLO – MEURIOT – TERRAZA, 2012a et 2012b) a livré quelques premiers résultats significatifs. Il s'agit d'un travail original. Il faudrait poursuivre ces investigations pour (pourquoi pas ?) initier d'autres travaux sur les comportements à risques des agents sur les marchés des matières premières

³² Cette périodicité permet de réduire le bruit important lié aux très hautes fréquences.

³³ Les céréales retenues sont le riz, le blé, le maïs, l'orge et le sorgho, représentatives d'Afrique de l'Ouest. Il s'agit d'un indice du prix moyen de chacune d'elles.

agricoles. Ces résultats préliminaires sont déjà pertinents pour l'analyse économique des pays en développement, et d'Afrique de l'Ouest notamment. Ils constituent une première étape sur la compréhension des mécanismes de volatilité des prix des matières premières agricoles. Si, réellement, l'horizon de transaction révélait des comportements extrêmement spéculatifs pour les opérations dont le terme s'étale entre 16 et 32 mois, alors cette information serait précieuse pour situer les interventions à mener sur ces marchés afin de respecter la sécurité alimentaire de ces pays.

Ces descriptions de mes travaux empiriques se résument en une seule expression me semble-t-il : de la problématique économique à l'analyse économétrique adéquate. Il n'y a pas de révolution économétrique ici, juste une utilisation parcimonieuse de l'économétrie des séries temporelles. Pourquoi ? L'économie est une discipline complexe dans laquelle la sophistication des méthodes économétriques ne permet pas bien souvent de *mieux* comprendre les phénomènes et les mécanismes économiques. L'escalade mathématique de l'économétrie que l'on observe depuis quelques années ne semble pas apporter un enrichissement de même ampleur pour la théorie économique, tout au plus quelques améliorations *ad hoc*. Je reviendrai sur cette réflexion dans la section (2.4) de cette synthèse. Je ne conçois le travail empirique que depuis l'économie. L'économétrie des séries temporelles est là pour aider à sa compréhension et non l'inverse... D'ores et déjà, je peux affirmer, en citant Léonard de Vinci que *la simplicité est la sophistication suprême*. Ainsi, il est avant tout du devoir de l'économètre de savoir choisir la méthode adéquate.

LES ATELIERS COMME LIEUX DE CONFRONTATION AVEC LES PARTENAIRES DU SUD

Les résultats de mes travaux de recherche ne prennent vraiment de sens que si je les confronte à leur réalité, c'est-à-dire avec les experts africains puisque mon domaine d'étude empirique est l'Afrique subsaharienne. J'ai ainsi organisé deux ateliers de restitution au CIRAD. Il s'agit de groupes de travail menés avec les partenaires du Sud, comme inscrits dans les axes de recherche du CIRAD. Ces ateliers ont pour but de restituer un savoir scientifique – acquis principalement sur la base de contrats de recherche – à nos partenaires, mais surtout d'échanger avec eux sur nos analyses et résultats. La perception des terrains africains (principalement l'Afrique subsaharienne) que nous avons depuis les pays développés est souvent « exogène » dans le sens où les analyses sont menées essentiellement à partir de séries temporelles de prix. Il est indispensable de collaborer avec des scientifiques de terrain qui nous apportent leurs sentiments sur notre travail et surtout leur connaissance *ad hoc* des pratiques socio-économiques, ethnographiques, politiques (quoique cette information soit bien souvent difficile à obtenir eu égard au *silence* imposé par les gouvernements à leurs experts). Si les partenaires tirent un grand profit de ces travaux économétriques, leur plus grand souhait est de pouvoir participer à des publications scientifiques, et au-delà que nous puissions exporter notre savoir scientifique dans leurs universités.

Ces ateliers ont généralement lieu dans les pays du Sud étant donné les difficultés que rencontrent les partenaires du Sud pour obtenir un visa. Cette réserve n'a rien d'anecdotique lorsqu'on mesure l'intérêt de nos travaux économétriques pour ces pays partenaires.

Atelier n°1 :

LE ROLE DU MARCHÉ DU RIZ DANS LA FORMATION DES PRIX DES VIVRIERS
UNE ANALYSE SENEGAL, MALI, GUINEE
Montpellier, CIRAD – du 9 au 13 janvier 2012

Cet atelier de réflexion avait pour but de présenter et discuter les analyses de transmission des prix du riz en Afrique subsaharienne, que je mène avec en collaboration avec Abdoul S. Diallo et Serigne B. Cissé (étudiants que je codirigeais en thèse). Ont participé à cet atelier :

Nom	Institut	Fonction
Véronique Meuriot	CIRAD – UMR 5281 ART-Dev	Économiste, économètre
Frédéric Lançon		Économiste
Patricio Mendez del Rio	CIRAD – UMR Tétis	Agroéconomiste
Abdoul Salam Diallo	Université Montpellier 1	Doctorant en économétrie
Sérigne Balla Cisse		Doctorant en économétrie
Pierre Traoré	Observatoire des Marchés Agricoles Bamako, Mali	Économiste
Ibahima Hathié	Initiative Prospective Agricole et Rurale (IPAR) Dakar, Sénégal	Économiste
Lansana Bayo	Bureau de Stratégie et de Développement Ministère de l'Agriculture Conacry, Guinée	Économiste

Contexte

Le riz est une denrée stratégique pour l'alimentation en Afrique subsaharienne. Sa consommation est en constante progression en particulier en ville et les productions nationales augmentent le plus souvent moins vite que la demande. Dans certains pays (Sénégal, Guinée, Cote d'Ivoire,) c'est la céréale la plus consommée avec des quantités par habitant élevées (...) et elle occupe une place importante dans les budgets des ménages. Les prix du riz, et au-delà l'ensemble du marché du riz, sont cruciaux dans la vie économique des pays et on peut s'interroger sur les interrelations entre ce marché et les marchés des autres produits vivriers et tout particulièrement des autres céréales. La récente flambée du prix international du riz en 2007 a conduit à de nombreux dérèglements économiques dans ces pays. Bien que le choc produit semble aujourd'hui endigué, il aura eu des répercussions sur les marchés intérieurs.

Deux rapports sur la transmission des prix réalisés par le CIRAD, à l'initiative de la fondation FARM en 2008 et 2009, ont analysé les mécanismes de transmission de ces dérèglements. Il y a été étudié notamment les mécanismes de transmission verticale – du prix international du riz

au prix du riz importé dans plusieurs économies : Sénégal, Mali, Niger, Cameroun, Madagascar, ainsi que la volatilité de ces prix. La transmission horizontale – les effets des variations du prix du riz importé sur les prix des autres vivriers locaux – a été abordée mais seulement de manière globale. Or les relations entre les différents marchés de céréales (qui fournissent l'essentiel de l'apport en énergie dans la diète des consommateurs de ces pays), et tout particulièrement entre le riz et les céréales sèches dont la plus grande partie est produite localement, constituent un élément qui pourrait être très important pour l'élaboration des politiques agricoles dans ces pays.

Aujourd'hui, en bénéficiant du recul par rapport à la crise de 2007-2008 et de l'expérience acquise lors de la réalisation des deux premières études, il est possible de mener une analyse plus précise et plus pertinente de ces effets liés à une transmission verticale. Celle-ci est indispensable aujourd'hui pour mieux comprendre la nature et la portée des effets déstabilisateurs des variations internationales du prix du riz dans les économies nationales. Cette analyse doit permettre de caractériser les mécanismes de résilience de ces pays et fournir des éléments utiles aux différents acteurs dans l'élaboration des politiques agricoles nationales et sous-régionales. Avec un tel objectif, cette étude s'inscrit dans le cadre des objectifs visés par la fondation OSIRIZ

Problématique

L'analyse de la dynamique de la formation des prix des vivriers dans l'optique d'une transmission horizontale des mécanismes de prix sera conduite dans trois pays d'Afrique subsaharienne : Sénégal, Mali et Guinée. Le choix de ces trois pays repose sur la diversité des situations agricoles et économiques : le Sénégal et le Mali représentant deux cas polaires en termes d'extraversion du marché rizicole et du poids du riz dans la consommation alimentaire, la Guinée étant un cas intermédiaire combinant à la fois une balance rizicole peu déficitaire et une forte consommation de riz, principalement local. L'analyse combinée de ces trois pays aux trajectoires particulières permettra de mettre en perspective l'interprétation des résultats obtenus avec les dynamiques des marchés rizicoles observés dans chaque pays et les politiques publiques associées. La contiguïté de ces trois marchés permettra aussi d'aborder la question des dynamiques de prix sous-régionale.

Deux analyses différentes seront conduites. Pour ce faire, deux étudiants de M2R en économétrie seront recrutés pour une période 4 mois au CIRAD :

- Un étudiant travaillera sur le Sénégal et le Mali de sorte à comparer les deux situations économiques. Sur la base des rapports FARM, où la transmission verticale a été étudiée, l'investigation portera sur la mesure et l'analyse des mécanismes de transmission horizontale entre trois produits – riz, mil (ou sorgho), maïs – dans trois zones nationales caractéristiques.
- Un étudiant travaillera sur la Guinée et devra réaliser l'estimation des deux types de transmission, verticale dans un premier temps puis horizontale. L'étude portera sur les mêmes produits – riz, mil (ou sorgho), maïs – et dans trois zones également.

La similarité des deux études permettra d'établir des comparaisons entre ces différents pays, mais également de caractériser les phénomènes de résilience à la lecture des spécificités de chacun, à l'instar d'une typologie.

Méthodologie

L'économétrie des séries temporelles sera mobilisée. L'étude la transmission sera réalisée conformément aux travaux des rapports FARM :

- Identification des séries de prix,
- Vérification des relations de cointégration,
- Modèle VECM ou VAR en fonction des résultats précédents.

La transmission verticale (pour la Guinée uniquement) portera sur l'étude des relations dynamiques entre le prix international du riz et le prix du riz importé.

La transmission horizontale devra caractériser les évolutions de prix suivantes :

- Riz importé / Mil (ou Sorgho)
 - Riz importé / Maïs
 - Mil (ou Sorgho) / Maïs
- } répliquées dans trois zones d'étude pour chaque pays

Ainsi, six analyses seront conduites dans chaque pays.

Deux analyses différentes seront conduites. Pour ce faire, deux étudiants de M2R en économétrie seront recrutés pour une période 4 mois au CIRAD :

- Un étudiant travaillera sur le Sénégal et le Mali de sorte à comparer les deux situations économiques. Sur la base des rapports FARM, où la transmission verticale a été étudiée, l'investigation portera sur la mesure et l'analyse des mécanismes de transmission horizontale entre trois produits – riz, mil (ou sorgho), maïs – dans trois zones nationales caractéristiques.
- Un étudiant travaillera sur la Guinée et devra réaliser l'estimation des deux types de transmission, verticale dans un premier temps puis horizontale. L'étude portera sur les mêmes produits – riz, mil (ou sorgho), maïs – et dans trois zones également.

La similarité des deux études permettra d'établir des comparaisons entre ces différents pays, mais également de caractériser les phénomènes de résilience à la lecture des spécificités de chacun, à l'instar d'une typologie.

Valorisation

Les résultats de ces deux études seront présentés lors d'un atelier au CIRAD, prévu la semaine du 9 au 13 janvier 2012. La présence de partenaires de chacun des pays retenus permettra un échange constructif et sera l'occasion de confronter les résultats économétriques à la réalité économique des phénomènes étudiés dans leur contexte. La présence de Abdoul Diallo, thésard à l'université Montpellier 1 et codirigé par Véronique Meuriot, sera requise pour présenter ses résultats de recherche sur ce thème.

Des publications en collaboration sont d'ores et déjà envisagées pour une meilleure valorisation des mémoires des étudiants, mais également pour asseoir les conclusions auxquelles ils auront permis d'aboutir.

À l'issue de cet atelier, le Mali, par l'intermédiaire du RESIMAO³⁴, s'est prononcé en faveur de l'envoi au CIRAD de deux chercheurs maliens pour apprendre la modélisation dynamique des séries temporelles et ainsi poursuivre cette collaboration scientifique.

Atelier n°2 :

L'INSTABILITE DES PRIX DES PRODUITS ALIMENTAIRES AU CAMEROUN DANS LA COURTE PERIODE : JANVIER 2007 / MAI 2009
Atelier Yaoundé (Cameroun), le 23 septembre 2009

L'INSTABILITE DES PRIX ALIMENTAIRES AU CAMEROUN SUR LA LONGUE PERIODE (1994 – 2009)
Atelier Yaoundé (Cameroun), le 22 septembre 2009

Cet atelier de restitution avait pour but de présenter les résultats du rapport scientifique réalisé pour la Fondation FARM³⁵ par une équipe du CIRAD dont j'ai fait partie. Ces travaux traitaient des conséquences de la hausse du prix international du riz pour les pays d'Afrique Subsaharienne (ce rapport est présenté dans la section 1.4 *Contrats de recherche*). Les résultats présentés lors de ces deux journées concernaient essentiellement le Cameroun, le rapport scientifique étant étendu à l'ensemble de l'Afrique subsaharienne. En concertation avec Ludovic Temple (chercheur HDR, CIRAD – UMR Innovation), nous avons décidé d'organiser un atelier de travail à Yaoundé pour restituer les résultats des études économétriques que j'ai menées et obtenir auprès de plusieurs institutions des explications pour comprendre les résultats, les valider ou les infirmer.

Ont participé à cet atelier :

Nom	Institution	Fonction
Meuriot Véronique	CIRAD – UMR ART-Dev	Économiste, économètre
Temple Ludovic	CIRAD – UMR Innovation	Économiste
Minkoua J-R	Université Yaoundé II	Chercheur
Ntsama M.		Chercheur
Douya E		Enseignant-chercheur
Madi Ali	Université de Dschang	Enseignant-chercheur
Bikoï Achille	Centre Africain de Recherche Bananiers et Plantains (CARBAP), Université de Dschang	Économiste
Azeufouet Alain Simplicie	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER)	Directeur de la division des produits agricoles
Fonkou Gaston	Minader/desa	Économiste à la division des produits agricoles
Kwitou Ngofang H.	SER/Ambassade de France	Économiste

³⁴ Réseau des Systèmes d'Information des Marchés en Afrique de l'Ouest.

³⁵ Fondation pour l'Agriculture et la Ruralité dans le Monde : <http://www.fondation-farm.org>

Ntsama Mireille	Université de Yaoundé	Économiste
Dongmo K. David		Statisticien
Tsaguim Elvis	Institut National de la Statistique (INS)	Économiste
Tetang Yiampho Apollinaire	SAILD	Ingénieur agronome
Minkoua N. Jules-René	Université de Yaoundé II	Économiste

Contexte

Le choc politique créé par l'inflation rapide des prix internationaux des produits alimentaires dans le prolongement de celui des matières premières – et particulièrement le prix de l'énergie en 2007 – conduit la plupart des instances internationales et les États à multiplier les initiatives politiques pour relancer la production agricole mondiale et trouver de nouveaux mécanismes de régulation des marchés des produits alimentaires.

L'extension de cette crise aux secteurs bancaire et financier en 2009, et le reflux des prix alimentaires, ont relégué au second plan les préoccupations politiques et notamment les conditions de réalisation de la sécurité alimentaire mondiale. La plupart des grandes déclarations et des engagements financiers en faveur de l'agriculture ont peu été suivis d'effets. Pourtant, les causes structurelles qui ont conduit à la crise alimentaire de 2008 et aux tensions sociales dans les pays les plus pauvres n'ont pas été endiguées.

Trois déterminants de ces causes structurelles peuvent être soulignés :

- *La dérégulation des politiques publiques* observée dans la plupart des pays et faiblement relayée par les politiques régionales : elle se traduit par des instabilités croissantes sur les marchés alimentaires, en liaison avec la globalisation des entreprises et des mouvements de capitaux. Le choc de 2007 est le signe de cette instabilité annoncée par certains économistes.
- *La gouvernance des économies mondiales* par le prix de l'énergie dont ceux des énergies fossiles qui a des répercussions importantes dans le secteur agricole et agro-alimentaire en raison de son impact sur le prix des intrants et des équipements dans les agricultures industrielles, et sur les coûts de transport.
- *Les variables climatiques*, en tant que déterminants de l'offre agricole, sont appelées à être de plus en plus instables dans les décennies à venir. Les experts s'accordent à penser que cette instabilité conjoncturelle risque de devenir structurelle dans les conditions actuelles de régulation institutionnelle des marchés.

Problématique

Au-delà de ces déterminants majeurs, la crise de 2008 a ouvert une controverse entre les économistes qui sera brièvement rappelée dans le cadre introductif de cet atelier.

Un premier courant de pensée considère qu'il s'agit d'une crise de l'offre agricole qui implique une politique de relance forte principalement dans les agricultures vivrières des pays du sud. Cette relance de la production agricole est souvent envisagée à partir des modèles de production agricole conventionnels dans la poursuite des trajectoires technologiques portées par la révolution verte ou par l'agriculture industrielle des pays du nord. Derrière cette posture un certain nombre d'auteurs ont « réactivé » des explications possibles sur les causes de l'insuffisance de l'offre alimentaire mondiale. En premier lieu, la concurrence introduite par

les cultures industrielles énergétiques (notamment sur le maïs, le soja, l'huile de palme) est aujourd'hui relancée pour ses effets sur la production alimentaire : la raréfaction des disponibilités en terre. En deuxième lieu, la concurrence induite par les cultures d'exportation (cacao, café, hévéa..) destinées à l'approvisionnement des marchés, qui n'est pas sans conséquence pour les agricultures vivrières des pays du sud.

Un second courant de pensée souligne que le choc de 2008, produit par des mouvements spéculatifs boursiers sur le prix des matières alimentaires et par une conjoncture climatique défavorable, ne traduirait pas ou peu des déséquilibres structurels de la production agricole, mais renverrait plutôt à des questions sur les conditions d'accès des populations aux ressources alimentaires. Ces conditions dépendent (i) de l'insuffisance des revenus des populations, (ii) des contraintes logistiques d'approvisionnement (infrastructures routières..) qui conduisent à des coûts de transferts trop importants et des approvisionnements instables.

Dans cette controverse sur les risques d'une instabilité structurelle et ses conséquences économiques, un élément de consensus souligne le besoin de nouvelles formes de régulation des marchés agricoles et alimentaires. Peu de travaux sont conduits sur la compréhension des déterminants de l'instabilité et sur les mesures de politiques publiques susceptibles de la réduire.

Eu égard aux conséquences de la flambée des prix des produits de base alimentaires sur les marchés internationaux, ainsi qu'aux troubles et aux inquiétudes politiques dans les pays du sud, une hypothèse forte s'est imposée sur la nature de la relation de causalité entre les marchés internationaux et domestiques. Cette relation causale caractérise le développement des outils de régulation des marchés efficaces, et l'adéquation de ces outils aux différentes échelles d'intervention : marchés mondiaux, marchés nationaux.

Méthodologie

La méthode retenue pour cet atelier, et la production de cette synthèse, mobilise des référentiels méthodologiques de recherche-action en partenariat pour analyser dans un cadre interinstitutionnel les résultats que produisent les études économétriques sur les prix. Elle se décline en trois étapes :

- Des analyses économétriques sur les données de prix alimentaires au Cameroun, les contraintes méthodologiques n'ayant permis de prendre qu'un panier restreint de produits.
- Un partage des résultats économétriques proposés avec différents experts du secteur agro-alimentaire camerounais. Le panel d'experts réunissait des économistes des différentes institutions publiques impliquées soit dans la production des données de prix utilisés, soit dans l'élaboration des politiques agricoles et commerciales.
- La compréhension mutuelle des éléments structurels ou de politique publique qui expliquent les effets de transmission (ou leur absence) entre les différents prix dans un cadre méthodologique qui croise des réunions participatives et une enquête à dire d'expert.

Nous traiterons tout d'abord des effets de transmission entre prix internationaux et domestiques sur la période janvier 1994 – mai 2009, pour laquelle nous disposons de séries de prix homogènes et fiables au Cameroun. Nous traiterons ensuite des effets de transmission sur la période qui a suivi le choc : janvier 2007 – mai 2009. Sur ces deux pas de temps nous nous interrogerons successivement sur trois formes de transmission :

- Les effets de transmission entre le marché international et le marché domestique du riz,

- Les effets de transmission entre les différents prix sur les marchés domestiques
- Les autres déterminants de l'instabilité des prix.

Les participants soulignent globalement une difficulté importante pour valider des conclusions sur les élasticités-prix et les élasticités-prix croisées entre produits de la consommation alimentaire dans une ville comme Yaoundé ou les autres villes du Cameroun. Les habitudes alimentaires (qui déterminent un certain nombre d'élasticités croisées notamment) sont en effet compartimentées entre les grands groupes ethnolinguistiques dont le poids relatif est différent selon les villes. Ainsi :

- *La population originaire du nord* consomme plutôt des céréales (donc du riz) mais apprécie peu la consommation de manioc et de plantain.
- *La population originaire de l'ouest* consomme plutôt du maïs du manioc et de la banane à cuire.
- *La population du sud* base son système alimentaire sur le plantain et le manioc.

Les résultats obtenus sur les effets de transmission des prix à partir des marchés de Yaoundé et de Douala – qui rendent compte d'une pondération relative des différents groupes ethnolinguistiques – ne peuvent être globalisés à l'ensemble du pays. Le changement des prix relatifs entre les produits ne se traduit pas par des substitutions de produits similaires selon les habitudes alimentaires de référence mobilisées.

L'atelier organisé à Yaoundé doit nous permettre de comprendre les résultats économétriques.

Nous avons des attentes en termes de :

- 1.4.1.1. éléments de politique économique : quelles mesures face à la hausse du prix international du riz,
- 1.4.1.2. éléments économiques : quels sont les relations entre les différents produits étudiés,
- 1.4.1.3. éléments socioculturels : quel statut pour les différents produits dans le quotidien des Camerounais,
- 1.4.1.4. tous autres éléments d'explication nécessaires à la compréhension des évolutions observées, qu'elles soient validées ou infirmées.

Valorisation

Au terme de cet atelier, nous avons rédigé une synthèse de cette recherche visible sur le site de la Fondation FARM, ainsi qu'un article de recherche paru dans la revue *Économie Appliquée* (MEURIOT, V. - TEMPLE, L. - MADI, A., 2011)

2.3 Une histoire des concepts des séries temporelles

« Pour un scientifique, la science est immobile – pour un historien c'est un courant rapide ; pour le premier, la science existe – pour le second, elle devient »

Zygmunt KRAMSZTYK (1899)

« Sur l'importance du savoir historique »,
La critique médicale

Dès mon retour dans le monde de la recherche scientifique, j'ai été surprise par le foisonnement d'articles présentant des travaux de cointégration. À leur lecture, j'étais bien souvent sceptique sur le travail d'économétrie engagé : des cointégrations sur des séries stationnaires, des cointégrations mal utilisées pour tester des intégrations de marchés... Je me demandais ce qui avait bien pu se passer dans le monde de l'économétrie pour voir de telles publications dans des revues de qualité. J'avais traité la cointégration dans ma thèse, soit quelques douze années auparavant. Il en était de même de l'utilisation des modèles VAR, qui eux étaient parfois utilisés sans vérification de la stationnarité des séries... En réfléchissant à ces méprises méthodologiques, j'ai pris conscience de plusieurs sources de problèmes :

- ✓ Les méthodes étaient-elles bien intégrées par les utilisateurs, et sinon pourquoi ?
- ✓ Les utilisateurs connaissaient-ils la genèse des méthodes qu'ils utilisaient ?
- ✓ Les logiciels n'avaient-ils pas favorisé ce développement anarchique et erroné ?

Je me suis alors souvenue de mes études à l'université où les cours d'économétrie étaient composés de méthodes dont on nous disait sur quel type de données elles fonctionnaient, mais dont on ne savait pas grand-chose quant à leur apparition : Qui ? Comment ? Pourquoi ?... J'ai alors compris que les utilisateurs, forts de leurs logiciels presse-bouton, ne comprenaient peut-être pas toujours la finesse de chaque méthode, l'utilité de chacune d'elles. J'ai décidé de me plonger dans l'histoire de l'économétrie des séries temporelles, celles des concepts des années 1980 apparus en réponse à la critique de LUCAS (1972).

Plutôt que de paraphraser un ouvrage que j'ai déjà écrit (MEURIOT, 2012a), je rapporterai l'avant-propos de cet ouvrage qui me semble révélateur de l'état d'esprit dans lequel j'ai écrit :

« L'économétrie est une discipline à la frontière des sciences humaines et des sciences exactes. Elle est dédiée à la science économique. Son objet est d'apprécier quantitativement les mécanismes économiques. Elle doit pour cela s'adapter aux évolutions théoriques de la science économique. L'économétrie est alors l'instrument essentiel de la vérification.

L'une des bases conceptuelles de l'économétrie réside dans l'étude causale intrinsèque au phénomène, ou entre plusieurs phénomènes. La causalité structure l'espace d'expression des interrelations multidimensionnelles. Elle est le cadre d'analyse de référence de l'économétrie.

L'économétrie procède à l'élaboration de modèles – ou maquettes – construits à partir des conclusions de l'analyse économique et des relations causales. Ces modèles proposent des scénarios de fonctionnement des systèmes économiques. Ils sont la représentation d'un système mais ont la capacité de s'adapter aux modifications des hypothèses sous-jacentes. C'est pourquoi ils sont un outil précieux pour la politique économique.

Cet ouvrage est structuré par l'approche historique de l'économétrie. Cet éclairage, bien que peu répandu, nous a paru nécessaire pour faciliter la compréhension des développements économétriques souvent perçus comme abscons. Quel étudiant, ou chercheur, en économétrie ne s'est interrogé sur ce qui pouvait bien lier toutes ces méthodes économétriques, pourquoi et comment découvrait-on tel élément théorique, qu'est-ce qui finalement était la « colonne vertébrale » de cette discipline ?

En quête de cette harmonie des concepts, d'aucuns ont pu croire que la scission entre économétrie structurelle classique et économétrie non structurelle exerçait une espèce de « pouvoir souverain » dans la discipline. Cet état de fait – le manque d'unification de la discipline – est perturbant. Dans ce dédale paradigmatique, il est nécessaire de comprendre l'agencement des développements économétriques. Quel économètre n'a jamais éprouvé le sentiment d'être une espèce de juke-box, capable de mobiliser diverses théories à la demande et pour les besoins de travaux scientifiques, sans jamais parvenir à un sentiment harmonieux, un construit théorique unifié. Parce qu'il existe une histoire des sciences, la réflexion épistémologique nous a orienté vers l'histoire de l'économétrie. Cette histoire s'affine rapidement vers celle des séries temporelles et plus particulièrement des concepts spécifiques à la discipline.

L'histoire de l'économétrie peut être considérée comme un élément unificateur de la discipline. Elle structure le présent ouvrage dont l'objet est de proposer une vulgarisation raisonnée des méthodes économétriques à partir de la vie des individus. L'histoire que nous relatons s'adresse au plus grand nombre. Ainsi, nous avons tenu à expliquer littérairement chaque concept, chaque équation, afin que les lecteurs les moins enclins à la formalisation mathématique puissent vivre cette odyssée dans les meilleures conditions.

Le travail historique qui est présenté ici n'est en aucun cas exhaustif. De grands théoriciens ont été omis, souvent délibérément, pour ne pas rendre illisible l'essai de restitution chronologique. Nous espérons simplement que le lecteur intéressé trouvera les éléments de réponse principaux à l'évolution actuelle de l'économétrie, mais aussi suffisamment d'informations et de pistes pour l'aiguiller dans ses recherches. Il ne s'agit là que d'une vue subjective et orientée de ce vaste sujet. Cet ouvrage est circonscrit aux faits historiques capables d'éclairer in fine le domaine des séries temporelles. Nous avons cependant tenu à faire état de l'article de François Divisia (1953), cet ingénieur français méconnu qui a pourtant amplement participé à la formation de la Société d'économétrie, puis de sa correspondance avec Ragnar Frisch jusqu'à la création de la revue *Econometrica*. Nous rapportons de larges extraits de cet article qui relatent in vivo comment est née la Société d'économétrie « le soir du 29 décembre 1930... ».

Le défi que nous nous proposons de relever ici est de (re)donner du sens à une discipline qui n'aura vraisemblablement jamais atteint l'unification, et que les dérives contemporaines ne sauraient lui apporter. »

Ainsi fixés les contours de l'ouvrage, mon souhait était de parvenir à une mise en perspective historique du développement des concepts des séries temporelles. La constitution de la Société d'Économétrie marque le début de l'ouvrage. Je n'y ai pas porté de grands

développements, cette histoire étant bien connue aujourd'hui (MORGAN, 1990 ; QIN, 1993 ; PIROTTE, 2004 pour un ouvrage en langue française)³⁶.

Les objectifs visés

Le cœur de ce livre est constitué de l'histoire des concepts des séries temporelles après la critique de LUCAS pour l'économie, et les travaux de BOX & JENKINS sur l'écriture autorégressive moyenne mobile (ARMA) des processus temporels. Les matériaux sont à la fois des interviews, des témoignages, des correspondances avec les auteurs concernés (je dispose des mails de correspondance avec nombre d'entre eux), et aussi une exposition très scrupuleuse des articles fondateurs relatifs à chaque grande avancée de la discipline qui nous permet de comprendre la démarche intellectuelle et l'état d'esprit dans lequel telle invention a pu prendre forme.

Le premier objectif visé par cet ouvrage est de faire connaître au monde des praticiens de l'économétrie des séries temporelles (étudiants, enseignants et chercheurs, économistes et économètres) l'histoire de la discipline, notamment depuis la rupture des années 1970 (la critique de LUCAS qui interpelle les économistes et économètres sur l'absence de prise en compte des anticipations des agents). Dès lors, la discipline explosera et se « reconstruira » autour de l'analyse temporelle des phénomènes économiques. Cette reconstruction prendra six années et sera l'œuvre d'une poignée d'hommes dont trois seront récompensés par un prix Nobel d'économie : GRANGER et ENGLE en 2003, puis SIMS en 2011.

La connaissance de cette histoire est essentielle pour comprendre pourquoi il existe toutes ces méthodes et à quoi elles servent. Pourquoi a-t-on eu recours à tel développement plutôt qu'à tel autre, pourquoi ces individus ont pu développer ces méthodes, etc.

Finalement, il s'agissait pour moi d'apporter une forme de cohérence à la discipline à partir de l'éclairage historique.

Le synopsis de l'ouvrage

L'ouvrage est découpé en six chapitres respectant la chronologie et la progression des idées :

- 1 – Des fondements à la rupture des années soixante-dix : la critique de LUCAS (1972, 1976)
Ce chapitre, préliminaire aux séries temporelles, relate l'avènement de l'économétrie comme discipline à part entière. Nous nous appuyons sur des textes historiques (notamment François DIVISIA) antérieurs à la constitution de la discipline afin de montrer comment et pourquoi les économètres ont eu besoin de se positionner dans le monde académique. Nous relatons la genèse de la modélisation en économie ainsi que les concepts utilisés jusqu'aux premiers modèles macroéconomiques. Au-delà du récit historique, nous proposons également une mise en perspective des différents courants en

³⁶ Il s'agit là de quelques ouvrages de référence. De nombreux autres ouvrages et articles sont référencés dans la bibliographie de mon livre.

présence, entre 1930 et 1972 : la *Cowles Commission* et le *National Bureau of Economic Research* (NBER).

Ce chapitre est une incursion nécessaire pour comprendre ensuite le développement du champ des séries temporelles et son expansion à partir des années soixante-dix.

2 – Les séries temporelles : des origines aux années quatre-vingt

Nous pénétrons là dans le domaine des *séries temporelles*. Nous en reconstruisons à travers le prisme historique les différentes étapes et les différents modes d'analyse de la conjoncture économique. À partir d'une représentation des phénomènes économiques par les processus aléatoires (issus des mathématiques et des statistiques), nous comprenons les évolutions du domaine de l'analyse spectrale (issue de la physique) à la *révolution* par les processus ARMA de BOX et JENKINS (1970) : *l'approche moderne des séries temporelles*. En découlent les travaux de GRANGER sur la causalité, inspirés de ceux de WIENER en mathématiques, qui consacreront l'analyse et la modélisation temporelles en économie : *l'économétrie des séries temporelles*.

3 – L'analyse des séries temporelles non stationnaires : les tests de racine unitaire

À partir des travaux de GRANGER sur la causalité, on prend conscience d'une « mémoire » dans l'évolution des phénomènes économiques. Cette mémoire fait obstacle à l'analyse économétrique traditionnelle puisqu'elle se traduit par une non-stationnarité des séries économiques et remet en cause les hypothèses fondamentales de la modélisation classique. Ce chapitre est consacré à l'étude de la non-stationnarité : comment l'a-t-on décelée ? Quels problèmes mathématiques engendrait-elle ? Quels « remèdes » y a-t-on apportés ? Nous dépassons les questions fondamentales des tests de racine unitaire en nous intéressant ensuite aux extensions de ces tests guidées par les critiques de fond et de forme, et proposons finalement un tableau historique récapitulatif de l'ensemble de ces tests à la disposition de l'économètre.

Les trois chapitres suivants (4, 5 et 6) sont consacrés à l'histoire des concepts révolutionnaires : la cointégration, la modélisation ARCH, la modélisation VAR.

4 – La modélisation dynamique après 1980 : le concept de cointégration

L'histoire de la cointégration est certainement la plus mal connue dans le domaine des séries temporelles. Elle prend ses racines dans les travaux de SARGAN (1964) bien que tombant dans l'oubli pendant une décennie. C'est grâce à l'opiniâtreté de HENDRY que la cointégration verra le jour et consacra GRANGER qui recevra le prix Nobel d'économie en 2003. Cette histoire est réellement celle d'une relation intellectuelle quelque peu tumultueuse entre des intuitions, des convictions... qui se soldera par un formidable revirement lorsque GRANGER comprendra que l'intuition de HENDRY était juste en tentant de démontrer le contraire ! Cependant, le concept mettra plusieurs années avant d'être reconnu par l'académisme ; nous retraçons ces difficultés dans la perspective historique (relations humaines et difficultés techniques).

Le concept de cointégration sera une formidable avancée pour la compréhension des phénomènes économiques. À partir de cette époque, l'économétrie sera considérablement remaniée. Un nouveau champ d'analyse est né.

5 – Un prolongement réflexif dans l'univers stochastique des processus : les modèles ARCH de ENGLE (1982)

Si la collaboration entre les trois personnes majeures de l'économétrie des séries temporelles (HENDRY, GRANGER, ENGLE) existe déjà lors de l'avènement du concept de cointégration, elle se poursuit de manière différente mais tout aussi fructueuse dans la modélisation ARCH. Les trois protagonistes entretiennent maintenant des relations soutenues et s'entraident de diverses façons. Ainsi, ENGLE est à la recherche d'une technique permettant de modéliser l'invariance, ou les changements de rythme dans les processus économiques, liés aux anticipations des agents économiques – ce qui demeure le point d'achoppement dans la théorie économique. Ce phénomène remet complètement en cause les hypothèses de la modélisation dynamique puisqu'elle introduit l'*hétéroscédasticité*, terme barbare signifiant une dépendance fonctionnelle au temps.

ENGLE vient de la physique et rencontre quelques difficultés à formaliser ses idées. Là encore, les interventions de GRANGER et HENDRY seront déterminantes. Ainsi, ENGLE se verra décerner le prix Nobel d'économie en 2003, qu'il partagera avec GRANGER.

Afin de lénifier l'âpreté des formalisations mathématiques, nous proposons des schémas historiques permettant de suivre les évolutions de cette modélisation, ainsi qu'un décryptage progressif des articles fondamentaux.

6 – Le retour à *la réalité* : le modèle VAR de SIMS (1980)

Bien que la publication officielle de Christopher SIMS soit antérieure à celles de la cointégration et des modèles ARCH, nous avons pris le parti d'introduire ce chapitre en dernier pour plusieurs raisons guidées par l'histoire. Tout d'abord, au plan chronologique la cointégration et le modèle ARCH sont résolus avant 1980 même si les publications officielles font mention de 1987 pour la cointégration et 1982 pour le modèle ARCH. Ensuite, le raisonnement du modèle VAR est « décalé » par rapport aux deux autres concepts en ce sens qu'il s'appuie sur les dynamiques de court-terme uniquement. Enfin, il est un complément aux deux autres concepts et en utilise ensuite les avancées méthodologiques pour sa propre évolution.

SIMS s'oppose à la philosophie des modèles d'équilibre partiel de l'économétrie classique (structurelle) en s'appuyant, là encore, sur la critique de LUCAS (1972, 1976). C'est avant tout un macroéconomiste qui s'intéresse plus particulièrement au rôle de la monnaie dans l'économie. Sa position sera alors de démontrer en quoi les modèles d'équilibre partiel font abstraction des interrelations entre les agrégats économiques dans leur raisonnement et donc dans leurs analyses. Cependant, si les travaux de SIMS sont d'une importance capitale, ils seront largement décriés par l'académisme et classés notamment au rang de « modèles sans théorie ». Cette bévue du corpus des économètres perdurera pendant quelques années, notamment par l'incompréhension de la philosophie défendue par SIMS, dont lui-même à conscience à l'époque de ses travaux. En analysant le contenu de l'article fondamental de SIMS (1980), nous comprendrons comment une telle incohérence a pu

s’immiscer dans la discipline – le style d’écriture de SIMS bien souvent empreint de sarcasme.

L’originalité du travail

Cet ouvrage est bâti sur des témoignages, des entretiens, des correspondances avec les plus grands noms de la discipline, y compris deux des prix Nobel (GRANGER et ENGLE). Au cours de mes recherches, j’ai pu mesurer l’intérêt des scientifiques de nombreux pays pour ce travail (j’ai été invitée par Philip Hans FRANCES, Doyen de l’université Erasmus de Rotterdam, qui m’a ouvert les archives de l’université).

Il ne s’agit pas d’un n^{ième} ouvrage présentant un catalogue des méthodes, mais d’un ouvrage historique sur les relations entre les individus : cet éclairage explique, parfois bien mieux que des formules, les évolutions de la discipline. Les formules et équations, en nombre très limité, ne sont là que lorsqu’elles sont indispensables à la compréhension de l’objet. J’ai tenu à les expliquer de façon littéraire de sorte que le plus grand nombre de lecteurs puisse accéder à cette histoire.

L’écriture de cette histoire a donné lieu à une formidable aventure qui m’a permis de nouer des contacts et d’engager des collaborations avec les plus grands noms de la discipline. L’accueil des personnalités m’a convaincue de l’utilité d’un tel ouvrage. Tous ont été enthousiastes à l’idée de contribuer, par leurs points de vue et les anecdotes racontées bien souvent, à cette histoire. Je crois pouvoir affirmer, aujourd’hui, que tous étaient convaincus de la nécessité de *construire* cette histoire. J’ai le sentiment que ce livre peut être salutaire à bon nombre d’étudiants, mais aussi de chercheurs. Connaître l’origine des concepts et comment ils sont nés permet de fixer les esprits. Ainsi, les économètres en herbe auront l’opportunité de ne plus se sentir dans l’état de *juke-box* !...

Mais au-delà des rencontres, j’ai beaucoup appris sur la constitution de la discipline et sur les relations entre ses membres. Ainsi, la plupart du temps on constate que deux grands noms sont en filiation, du directeur de thèse avec son thésard. C’est le cas de la majorité d’entre eux : DICKEY était le thésard de FULLER, HENDRY celui de SARGAN, AHN celui de REINSEL, etc.

J’ai réalisé à quel point cette économétrie des séries temporelles était le fait d’une poignée d’hommes. La plus belle collaboration restera celle entre GRANGER, HENDRY et ENGLE. Ces trois hommes ont révolutionné la discipline, le lien entre les idées étant incontestablement David HENDRY qui, même si aucun concept ne porte son nom, aura été dans toutes les recherches et bien souvent aura donné le « coup de pouce » nécessaire à l’éclosion ou à la maturité d’un concept. Ainsi, la cointégration de GRANGER ne serait pas le concept qu’on connaît aujourd’hui sans l’opiniâtreté de HENDRY. Il en va de même du modèle ARCH de ENGLE. La majorité des découvertes en séries temporelles ont eu au moins un temps de gestation à la *London School of Economics*.

2.4 Une interprétation de l'économétrie des séries temporelles par la philosophie des sciences ?

New York, le 22 mai 1927

« Pendant les derniers mois j'ai été occupé par la rédaction d'un mémoire sur l'analyse des séries temporelles. [...] Tout ce que j'ai pu faire c'est de rédiger le projet d'un mémorandum dont vous trouverez ci-joint une copie. Je vous serai très reconnaissant de bien vouloir me faire savoir votre opinion à ce sujet... »

Lettre de Ragnar FRISCH à François DIVISIA, extrait de « La société d'économétrie a atteint sa majorité » (1953), *Econometrica*

Mon éloignement de la recherche scientifique pendant quelques années m'aura manifestement conduite vers une réflexion sur ma discipline. Cette réflexion s'est orientée vers l'épistémologie, vers l'histoire des sciences. Cependant, elle était déjà en gestation pendant ma thèse, ce qui m'a amenée à écrire un premier article sur le positionnement de l'économétrie non structurelle après ma thèse (1994) mais qui ne sera publié que quelques années plus tard (MEURIOT, 2008). Cette attirance pour l'épistémologie s'est donc affirmée dès mon retour dans la recherche scientifique. Comme je l'ai relaté dans la section précédente, j'ai réalisé un premier travail historique sur les concepts des séries temporelles (MEURIOT, 2012a). Mais le domaine de l'histoire des sciences se scinde en deux parties :

- L'histoire des découvertes scientifiques,
- L'histoire de la pensée scientifique (épistémologie).

L'ouvrage que j'ai écrit s'inscrit dans *l'histoire des découvertes* parce qu'il retrace les développements des concepts des séries temporelles. Au terme de ces écrits, et parce que ma discipline me passionne, j'éprouve depuis quelques mois le désir de porter un regard épistémologique sur cette économétrie des séries temporelles, d'en comprendre l'évolution scientifique en portant maintenant un regard, non plus seulement historique, mais philosophique ou épistémologique. Ainsi, mon objectif aujourd'hui est de m'intéresser à *l'histoire de la pensée* de l'économétrie des séries temporelles depuis la rupture des années 1970. Comme l'a écrit Imre LAKATOS³⁷,

« Sans l'histoire des sciences, la philosophie des sciences est vide ; sans la philosophie des sciences, l'histoire des sciences est aveugle. »

³⁷ Nous faisons référence ici à la traduction française (1994) *Histoire et méthodologie des sciences*, PUF.

Je ne suis pas philosophe, je suis économètre spécialisée en séries temporelles. Par la connaissance de ma discipline scientifique, j'essaie simplement décrypter, par une analyse réflexive et critique, l'évolution de l'économétrie des séries temporelles, une *discipline complexe dans le fond et dans la forme*. Le fait de ne pas être philosophe de formation me permet peut-être d'avoir un regard neutre (naturel ?) pour comprendre cette histoire de la pensée des économètres des séries temporelles. Mais pourquoi une étude critique et réflexive ? **Critique** signifie « qui cherche à établir la vérité, la justesse d'une proposition, d'un fait », « analyse rigoureuse ». **Réflexif** signifie « dont le fondement consiste en une réflexion, en un retour de la conscience sur soi ». Ces deux adjectifs me paraissent ainsi parfaitement refléter la posture que j'ai adoptée aujourd'hui.

L'histoire de la pensée d'une science sert à comprendre l'évolution de cette science et comment elle se construit à partir de son passé. Cependant, nous devons répondre à plusieurs questions parmi lesquelles :

- Qu'entend-on par science ?
- L'économétrie des séries temporelles était-elle une science ?
- A-t-elle subi des crises, des révolutions, des changements de paradigme ?
- Comment évolue-t-elle ?

Ces interrogations relèvent du domaine de l'épistémologie. Pour y répondre j'ai fait le choix (dans un premier temps) de m'inspirer de trois philosophes des sciences – Ludvig FLECK, Thomas KUHN et Karl POPPER – dont les travaux ont marqué le XXe siècle. Chacun a apporté sa pierre à l'édifice de la philosophie des sciences. Seul Karl POPPER a approfondi ses travaux sur les sciences sociales et l'économie en particulier.

Je présenterai dans un premier temps les caractéristiques de l'économétrie des séries temporelles. Je développerai ensuite les « instruments » d'analyse proposés par ces trois philosophes des sciences. Enfin, à l'aune des travaux des économètres des séries temporelles, je broserai « mon » tableau de son évolution et donnerai quelques perspectives de recherche.

2.4.1. Analyse critique des liens entre économie et économétrie : entre mathématiques, statistiques et économique

Dès sa gestation, l'économétrie est une discipline à l'intersection de plusieurs sciences. En témoignent ces quelques lignes de François DIVISIA :

« Dès 1912, Fisher avait songé à organiser, sous les auspices de l'American Association for the Advancement of Science, un groupe pour stimuler le développement de la théorie économique dans ses rapports avec la statistique et les mathématiques. Mais l'idée d'une liaison entre les trois disciplines n'existait alors que dans un très petit nombre d'esprits. Roos a raconté comment, encore vers 1926-1927, il éprouva les plus grandes difficultés à publier un travail où il introduisait les dérivées et intégrales dans les équations de Walras-Pareto, un journal économique acceptant de publier la partie théorique à condition que mathématiques et

statistique en soient éliminées, l'éditeur d'un journal statistique complimentant l'auteur sur le traitement statistique et acceptant de le publier à condition d'en écarter la théorie économique et les hautes mathématiques, enfin un journal de mathématiques acceptant de publier la partie mathématique mais non le reste.

Désirant publier le tout ensemble, l'auteur s'en ouvrit au Pr. E. B. Wilson, de Harvard University, juste alors que celui-ci rejoignait un Executive Committee de l'A.A.A.S., où il soumit le cas et fut chargé d'étudier la création d'une Section (l'actuelle Section K) consacrée au développement de l'économie et de la sociologie en tant que Sciences.

À la même époque, des préoccupations de même nature commençaient à se faire jour en Europe, qui aboutirent à des prises de contact sur l'initiative de Frisch. Le premier écho que nous en possédions, quant à nous, est dans une lettre qu'il nous écrivit le 4 septembre 1926. »

Extrait de « L'économétrie a atteint sa majorité » (1953)

Oslo, le 4 Septembre 1926

R. Frisch A F. Divisia

« Je saisis avec enthousiasme votre idée d'une liste ou autre moyen de communication entre les économistes mathématiciens du monde entier. J'ai eu moi-même l'idée de tacher de réaliser une association avec un périodique consacré à ces questions. Il est vrai que les périodiques ordinaires tels que la Revue d'économie politique ou l'Economic Journal, etc. reçoivent occasionnellement ces mémoires mathématiques, mais toujours est-il que l'auteur d'un tel mémoire se trouve dans l'obligation de restreindre autant que possible l'emploi de symboles mathématiques et le raisonnement par démonstration mathématique. Je connais déjà pas mal d'économistes mathématiciens dans différents pays, et j'ai pensé écrire un jour ou l'autre une lettre à chacun d'eux pour avoir leur opinion sur la possibilité d'une « Association internationale d'économie pure » et sur la possibilité d'un périodique, (que dites-vous d'un ECONOMETRICA ? la sœur de Biometrika). Maintenant, je serais heureux d'avoir votre opinion d'abord. Si vous pensez que cela vaut la peine, on pourra peut-être commencer par former un cercle plus restreint qui s'adressera plus tard au public. Dans les années à venir, j'aurai probablement l'occasion de voyager pas mal en Amérique et en Europe, alors j'aurai l'occasion de faire la connaissance des économistes qui pourront s'intéresser au projet, et j'aurai l'occasion de faire un peu de propagande. »

Extrait de « L'économétrie a atteint sa majorité » (1953)

La définition de l'économétrie évolue au cours du temps et de la proximité des auteurs avec la discipline. Ces extraits en témoignent :

- Application des méthodes mathématiques aux sciences économiques (Dictionnaire Hachette).
- Application des méthodes statistiques à l'économie (Dictionnaire l'Internaute).
- Econometrics is "the application of mathematics and statistical methods to economic data" and described as the branch of economics "that aims to give empirical content to economic relations." PESARAN in *The New Palgrave: A Dictionary of Economic Theory and Doctrine*, Macmillan, 1987, Volume 2, pp. 8-22.
- Neither theory nor measurement on their own is sufficient to further our understanding of economic phenomena. (GEWEKE, HOROWITZ, PESARAN, 2006). Revised and

updated version of "Econometrics" by M. Hashem PESARAN, in *The New Palgrave: A Dictionary of Economic Theory and Doctrine*, Macmillan, 1987, Volume 2, pp. 8-22.

- L'économétrie est une branche de la science économique qui a pour objectif d'estimer et de tester les modèles économiques, à partir de données issues de l'observation du fonctionnement réel de l'économie ou provenant d'expériences contrôlées. (Wikipedia, 26 juin 2012).

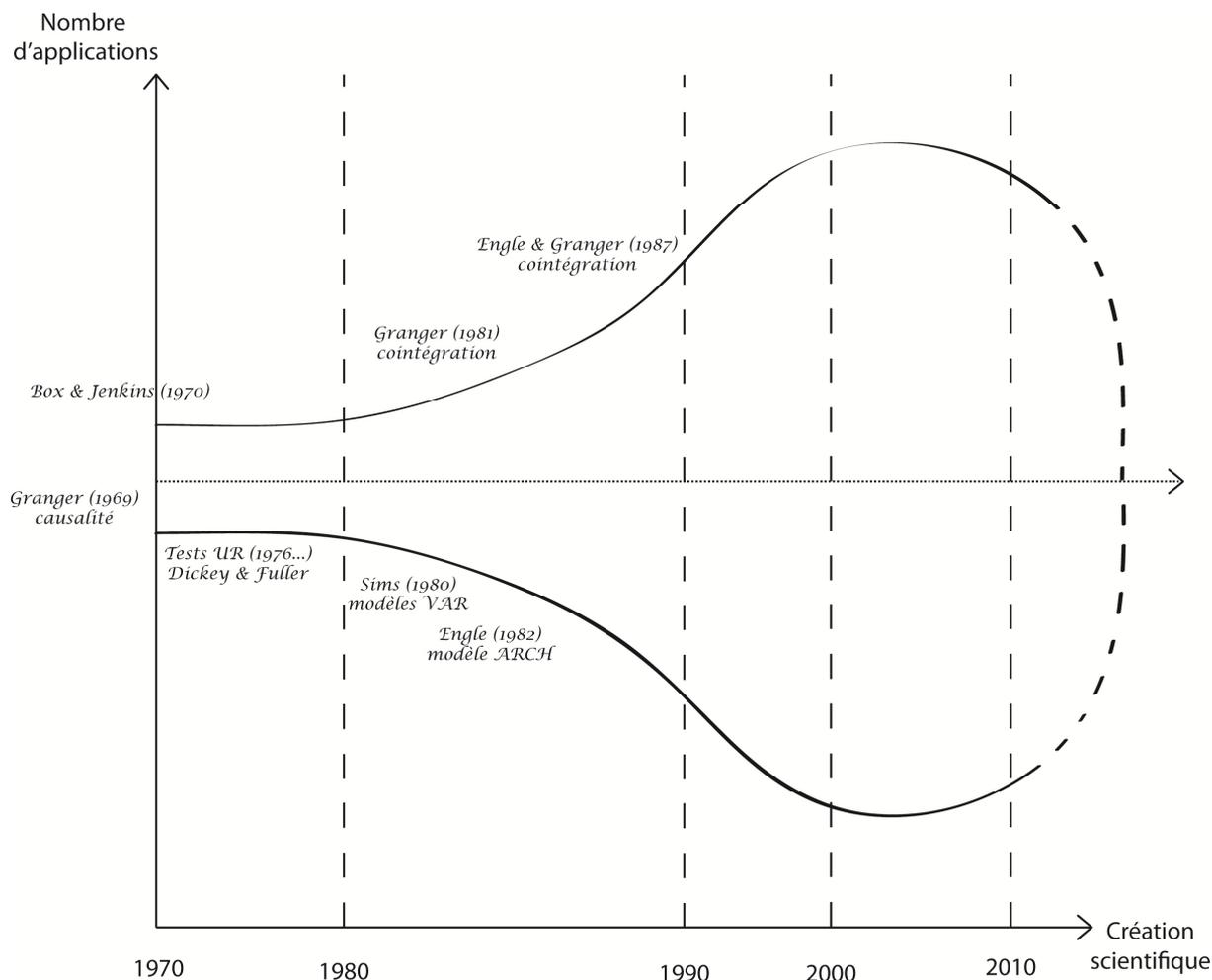
Ces quelques définitions sont intéressantes parce qu'elles situent le champ de la discipline. Nous relevons à nouveau cette oscillation entre mathématiques et statistiques dans les définitions les plus vulgarisatrices. Les définitions relevant de l'économie associent les mathématiques et les statistiques dans le but de donner un contenu empirique aux relations économiques. La définition de GEWEKE-HOROWITZ-PESARAN (2006) est certainement la plus remarquable car elle va au-delà de la définition de l'économétrie et *compare* l'économétrie à l'économie : « Ni la théorie ni la mesure en elles-mêmes ne sont suffisantes pour accroître notre compréhension des phénomènes économiques ».

LE ROLE DE LA PLURALITE DES RATIONALITES

Parce que l'économétrie est composite dès sa genèse, il y a *de facto* interférence entre plusieurs rationalités : économique, mathématique, statistique. Cette complexité à la base de l'élaboration de la discipline nous conduit à un objet lui-même composite.

C'est sans doute pourquoi la discipline évolue avec un mouvement de balancier, tantôt *poussée* par l'économie, tantôt par les mathématiques. Mais, alors qu'elle est « réorientée » dans les années 1970 par la critique de LUCAS – dans son socle économique –, elle semble aujourd'hui s'essouffler dans son socle mathématique (MEURIOT, 2012c). Si l'économie est le cœur de l'économétrie (la finalité de la discipline), les mathématiques ne constituent qu'un moyen d'explication, d'interprétation, de l'économie. Cependant, l'économétrie qui est une discipline de l'économie (et en adopte donc le paradigme) ne peut fonctionner sans le paradigme mathématique. Elle se nourrit à deux paradigmes scientifiques différents, l'un relevant des sciences humaines, l'autre des sciences exactes. C'est là la caractéristique essentielle de l'économétrie.

Aujourd'hui, il semble que l'économétrie des séries temporelles ait atteint un seuil. Les développements « tournent sur eux-mêmes ». Les avancées ne sont que des ajustements *ad hoc*, à la marge, et qui bien souvent n'ont d'intérêt que pour l'esthétisme mathématique bien plus que pour la progression de la connaissance en sciences économiques. La représentation schématique qui me vient à l'esprit est à peu près celle-ci :



UNE DECENNIE PROLIXE QUI FIXERA LES CONTOURS DE L'ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES MODERNES : 1970 / 1980

De formidables avancées théoriques ont eu lieu après la critique de LUCAS dans les années 1970 qui se sont conjuguées aux avancées mathématiques de BOX & JENKINS sur l'écriture des processus ARMA. Cette avancée mathématique a permis des développements considérables sur le traitement des phénomènes économiques grâce aux tests de stationnarité de FULLER (1976), puis DICKEY & FULLER (1979, 1981). Dans le même temps, HENDRY – qui a fait sa thèse sous la direction de SARGAN et s'est donc intéressé aux « modèles de correction à l'équilibre » – fera le lien avec le problème des régressions fallacieuses (*spurious regressions*) identifié par GRANGER & NEWBOLD (1974) ; quelques années plus tard (et quelques discussions plus loin...), GRANGER³⁸ en déduira le concept de cointégration pour lequel il recevra le prix Nobel en 2003. Puis dans la foulée de la réflexion de GRANGER sur la cointégration et les mécanismes à correction d'erreur, ENGLE – qui a intégré l'équipe de GRANGER à San Diego (UCSD) – s'intéresse à la problématique de FRIEDMAN et résout la

³⁸ Comme je l'explique dans mon livre (MEURIOT, 2012a), la cointégration a été développée par GRANGER dès 1981.

modélisation des processus autorégressifs à hétéroscédasticité conditionnelle (ARCH) vraisemblablement dès 1979. Dans la même mouvance, SIMS s'intéresse à la modélisation macroéconométrique et développe des modèles d'interaction : ce seront les modèles vectoriels autorégressifs (VAR) en 1980.

En une décennie, deux avancées mathématiques et trois concepts majeurs ont définitivement modifié la pratique des séries temporelles... Quelles interprétations donner à ce constat à l'aune de l'épistémologie ?

2.4.2. *Quelques éléments d'analyse depuis la philosophie des sciences*

LES CONCEPTS D'ANALYSE

L'épistémologie se construit avec l'*histoire* puisqu'elle raisonne sur l'*évolution* d'une science. La science s'inscrit dans un cadre de pensée (KUHN, FLECK...). Il y a donc un espace d'analyse réflexive pour comprendre l'évolution de la science. DUPUY (2000) définit l'épistémologie comme « cette discipline philosophique qui interroge les conditions de validité du discours scientifique ». GRISON³⁹ (2011) écrit : « La science et la philosophie sont distinctes mais se combinent lorsque nous réfléchissons à la formation de la connaissance, ce qui est le propos de l'épistémologie ».

Évolution de la pensée scientifique au cours du XXe siècle

Depuis quatre-vingts ans la science a évacué le dogme positiviste. Elle a admis depuis qu'elle n'apporte pas la vérité absolue de ce qu'est le réel, mais que son évolution s'inscrit dans – et est conditionnée par – un discours historiquement situé. Il y a là une forme d'humilité de la science qui ne se veut plus exhaustive à la connaissance du monde, mais plutôt relative et partielle (ou admettant sa non-universalité) à celle-ci. Ainsi, la science n'est plus *englobante* de la connaissance universelle mais *participative*. Il y a donc au cours du XXe siècle un repositionnement de la science et l'acceptation, avouée et reconnue, d'une *participation contributive* à la connaissance. Comme l'écrit Edgar MORIN (1982) « *Certains scientifiques croient naïvement que ce que leurs outils ne peuvent pas appréhender n'existe pas.* »

La science n'est qu'une représentation du monde. Ainsi que l'indique ISRAËL (1996) :

« Le modèle mathématique est une construction partielle et ad hoc, un morceau de mathématiques appliqué à un morceau de réalité, sans qu'on puisse exclure (au contraire) que d'autres morceaux de mathématiques puissent être collés sur le même morceau de réalité et

³⁹ François GRISON était l'un de mes collègues au CIRAD, où il s'occupait de philosophie des sciences. Il a mené de nombreux ateliers et séminaires sur ce thème. Il nous a laissé un ouvrage avant son départ à la retraite qui m'a inspirée pour construire mes recherches dans le domaine.

coexister les uns à côté des autres. La modélisation mathématique est une sonde conceptuelle que l'on plonge dans la réalité, et non pas l'image mathématique de la nature. »

Nous sommes bien là dans le champ de l'économétrie des séries temporelles qui construit des modèles pour répondre aux questions de l'économie. Nous sommes en quête d'une représentation du monde économique. Et selon les disciplines, les représentations seront différentes puisqu'elles ne regardent pas le même objet ou bien le regardent par un prisme différent. Ce prisme est au cœur de l'épistémologie en ce sens qu'il façonne et conditionne l'évolution d'une science.

Les points de vue de quelques philosophes des sciences...

- Gaston BACHELARD : Comment parler d'épistémologie – en France tout du moins – sans faire un détour par la pensée de Gaston BACHELARD ?
Selon BACHELARD, la raison doit s'élargir pour intégrer les progrès scientifiques. C'est bien la démarche de GRANGER aiguillonné par HENDRY quant à la réflexion sur les modèles à correction d'erreur de SARGAN (1964) et les *spurious regressions* de GRANGER & NEWBOLD (1974) qui conduiront à la cointégration (1981, 1983). Pour BACHELARD, la science est construite par la raison. L'expérience est sans doute nécessaire mais certainement insuffisante ; elle a besoin de la raison pour devenir science. Il s'agit de penser la science comme une *représentation* du monde. Les représentations sont construites par la raison. Ainsi « lier la pensée à l'expérience dans une vérification : *le monde scientifique est donc notre vérification* » (BACHELARD, 1934).
- Ludvig FLECK : le « collectif de pensée » et le « style de pensée ».
« Si nous définissons un collectif de pensée comme « *la communauté des personnes qui échangent des idées ou qui interagissent intellectuellement, alors nous tenons en lui le vecteur du développement historique du domaine de pensée, d'un état du savoir déterminé et d'un état de la culture, c'est-à-dire d'un style de pensée particulier.* »
Son livre⁴⁰ est paru en 1935 alors que le Cercle de Vienne se dispersait. Pour FLECK la connaissance est conditionnée par le style de pensée (la *dimension sociale*, dont parleront KUHN et LATOUR plus tard, orientant la réflexion scientifique) ; une certaine connaissance dure donc autant que dure le style de pensée qui l'adopte. La dimension sociale est totalement contingente à la « société scientifique » : elle contient les liens sociaux du groupe qui évolue dans la « science normale » c'est-à-dire les pairs (juges, concurrents, membres des revues reconnues...), les relations entre pairs (concurrence, filiation, enseignement...), *la voie de la reconnaissance scientifique*... La dimension sociale est parfaitement inhérente au collectif de pensée, au paradigme ambiant qu'elle scelle dans la science normale. La dimension sociale permet l'échange et la

⁴⁰ Traduction française *Genèse et développement d'un fait scientifique*, 2008, collection Champs sciences, Flammarion, Paris. Ses idées seront reprises par Bruno LATOUR (1987, traduction française 2005).

communication entre les scientifiques. De fait, elle valide une vision commune (la vie en laboratoire est ainsi rendue possible) de la façon de voir le monde selon LATOUR. Bien que l'ouvrage de FLECK soit passé inaperçu à son époque, KUHN s'en inspirera. Il est intéressant de voir aujourd'hui ces vieux concepts d'analyse remis au goût du jour par des sociologues des sciences parmi lesquels Bruno LATOUR.

Le collectif de pensée de FLECK agit comme l'éducation sur un enfant qui deviendra adulte, il le modèle dans sa façon de penser présente et à venir. Le collectif de pensée est un microcosme qui édicte des règles sur la façon de penser des individus qui en font partie. À partir de là, l'histoire de la pensée scientifique permet de comprendre la direction d'évolution de la science.

- Thomas KUHN : de la « crise » au « changement de paradigme ».

L'analyse de KUHN prolonge celle de FLECK⁴¹. Là où FLECK identifiait des comportements au sein de laboratoires, KUHN s'intéresse au *paradigme* ambiant d'une science qu'il définit (entre autres définitions données par l'auteur lui-même) comme une « matrice disciplinaire » conduisant et produisant *un certain regard sur le monde*. Comme l'écrit GRISON (2011) : « la science est bien un discours sur le réel mais un réel hors d'atteinte. [...] Kuhn pose une disjonction [...] entre le monde réel et le monde pensé ».

Le changement de paradigme fait suite à une révolution scientifique. Après une trop grande *accumulation d'anomalies* apparaît une *crise* qui conduit à une *révolution* scientifique par *résolutions* successives des anomalies. Naît alors une *nouvelle théorie* qui conduit le collectif à l'acceptation d'un *changement de paradigme* qui devient le champ de la *science normale*. Il est la phase ultime de turbulences de plus en plus manifestes au cours d'une période donnée de l'évolution de la science.

- ✓ *Science normale* : dans son ouvrage de 1962, KUHN en donne l'explication suivante « le terme science normale désigne la recherche solidement fondée sur un ou plusieurs accomplissements scientifiques passés, accomplissements que tel groupe scientifique considère comme suffisants pour fournir le point de départ d'autres travaux ». Il s'agit donc de la science dont les règles de pratique sont adoptées par le collectif de pensée. Les revues spécialisées se font les échos du style de pensée correspondant, ainsi que les manuels. Dans cette période, on cherche à résoudre des énigmes.
- ✓ *Anomalie* : elle apparaît lorsqu'une découverte validée et réalisée dans la science normale est mise en défaut⁴². Ces anomalies permettent de corriger la science normale située dans un paradigme interprété comme la science normale.
- ✓ *Crise* : elle provient d'une accumulation d'anomalies devenue insupportable à la société scientifique. Cette communauté se sent alors en danger car les

⁴¹ KUHN aura connaissance de l'ouvrage de FLECK en découvrant les références de l'ouvrage de 1935 dans une note de bas de page au cours d'une de ses lectures. Depuis, l'ouvrage de FLECK demeure incontournable pour qui s'intéresse à la philosophie des sciences et à la *science en train de se faire*.

⁴² Nous verrons plus loin le parallèle avec la falsification de POPPER.

dogmes sur lesquels elle s'est construite sont remis en cause par les scientifiques eux-mêmes.

- ✓ *Révolution scientifique* : dans la « révolution scientifique » au sens de KUHN, il y a incompatibilité entre les avancées cumulatives de la science. C'est ce qui se produit lorsque les anomalies sont trop nombreuses et trop perturbatrices pour la science normale en cours. Lorsque des avancées sont incompatibles avec la science normale, alors on aboutit à une révolution. Dans cette phase, on assiste à de nombreuses résolutions des anomalies. Cette révolution ébranle le paradigme ambiant et donc la théorie en place.
- ✓ *Changement de paradigme* : après la révolution scientifique, le collectif de pensée s'accorde sur de nouvelles règles (théories, méthodes, etc.) qui orientent la « nouvelle » science normale. La science, remise en question lors de la phase de crise, devient à nouveau normale dès lors qu'elle acte ces nouvelles théories et donc opère et intègre un changement de paradigme (au sens de *nouvelles théories*). Ainsi, dès lors qu'une théorie en chasse une autre, on assiste à une révolution et de fait à un changement de paradigme. Les accumulations de paradigmes à leur tour se comportent comme l'ensemble du progrès scientifique lorsqu'on regarde une science dans le temps. Pourtant, ce décalage temporel (le fait de regarder la science évoluer) retrace l'évolution lente et globale de la science, alors que les changements de paradigme sont à considérer comme des bifurcations (après un accident mais non une erreur) correctives de la science.

Il n'y a cependant pas d'« erreur » scientifique mais une progression scientifique et continue puisque la science est construite sur notre représentation du monde. Elle révèle une forme d'illusion et la philosophie permet alors de comprendre l'écart entre *représentation* et *réalité* (inatteignable *a fortiori*). Notre perception n'est pas « fausse » au sens d'erreur, mais bien en progression, en correction de l'écart entre *représentation* et *réalité*. Cette correction est le fruit de la raison (selon BACHELARD) qui, pressentant l'existence de l'écart, n'a de cesse que de le réduire, d'où les progrès scientifiques. Il y a en ce sens un vecteur (orientation) temporel de la science, ce vecteur reposant sur la succession des paradigmes dans le temps.

Cependant, il y a donc *construction* du nouveau paradigme, construction par le raisonnement. L'acceptation par le collectif de pensée est l'aboutissement d'un raisonnement qui conduit à valider le changement (révolutionnaire par conséquent) comme une nouvelle façon de faire la science. Cette validation conduit à son tour à modifier, à réorienter, la science dite normale. Ainsi nous entrons dans un nouveau paradigme. Comme l'indique KUHN, il y a bien une dimension sociale du choix scientifique.

Qu'il s'agisse de BACHELARD, FLECK ou KUHN, ces trois philosophes raisonnent par rapport à l'universalité de la science. Parallèlement et à la même époque que FLECK, paraissent les travaux de Karl POPPER qui s'intéressent non pas à l'universalité de la science « puisqu'on ne peut pas tout observer », mais procèdent par réfutabilité des lois et phénomènes observés. Il

sera le seul à s'intéresser aux sciences sociales et c'est pourquoi il est souvent cité en économie. Cependant, nous allons voir comment la théorie de Popper a finalement été elle aussi réfutée...

- Karl POPPER : réfutabilité et falsification comme critères scientifiques
POPPER s'intéresse au phénomène d'induction⁴³. Il s'intéresse à ce qui fait que l'observation de faits devienne ou non une loi. La question à laquelle POPPER tente de répondre est « comment établir la vérité d'énoncés universels fondés sur l'expérience ? ». Son objet de réfutation est que l'induction repose sur un phénomène métaphysique (l'existence – ou croyance en – d'un ordre du monde induisant un mécanisme de causalité faisant que les mêmes causes produisent les mêmes effets) et non pas logique. POPPER réfute alors cette idée de croyance métaphysique (même s'il conviendra finalement qu'il ne peut y avoir de science sans induction). La science a donc besoin de postuler l'invariance des lois naturelles pour avancer : il faut s'adosser à quelque chose de fixe quand bien même cette fixité proviendrait d'une croyance métaphysique. Mais ce qui est métaphysique est par nature non falsifiable... Ainsi en est-il de la loi de causalité. Nous revenons là au caractère construit de la science.

POPPER écrit en 1935 :

« Le monde est-il ou non régi par des lois strictes ? Je considère que cette question est de nature métaphysique. Les lois que nous trouvons sont toujours des hypothèses ; ceci signifie qu'elles peuvent toujours être dépassées et qu'il est possible qu'elles soient déduites d'évaluations de probabilités ».

POPPER nous dit que les lois peuvent être immuables (mais c'est là du ressort de la métaphysique), la science ne fait qu'énoncer des hypothèses ; par conséquent les hypothèses seront toujours dépassées par le progrès scientifique, la progression de la connaissance scientifique. C'est donc la connaissance scientifique qui évolue, que les lois soient immuables ou non (mais ce n'est plus notre propos). POPPER se limite à la science. Ainsi, le progrès scientifique ne peut avoir lieu que par le dépassement des hypothèses. *Il s'agit d'une autre perception du changement de paradigme de KUHN et du progrès scientifique de BACHELARD*. Pour POPPER, la science observe (expérimente) et par un processus d'induction formule des lois ; et c'est cette remise en cause des lois par le *principe de réfutabilité* qui permet de *corriger* la progression de la science. De fait il voit la science comme une succession d'énoncés (héritage de la philosophie analytique en vogue à l'époque : *qu'est-ce qui a du sens ?*). Les énoncés de non-existence sont les seuls falsifiables : « il n'existe pas... », puisqu'il suffit de trouver une seule chose qui contredise cet énoncé pour qu'il soit falsifié. Donc la connaissance scientifique ne progressera que par la recherche d'énoncés falsifiables. Mais ce qui n'est pas falsifiable n'est pas forcément vrai pour autant : est falsifiable ce qui proscrit, ce qui affirme une non-existence. Pourquoi ce clivage dans les énoncés ? Affirmer simplement « il y a des corbeaux blancs » n'est pas falsifiable à moins d'observer tous

⁴³ Définition de l'induction : « Le mot est employé en logique depuis Oresme (1370) pour désigner l'opération mentale qui consiste à remonter des faits à la loi » *Dictionnaire historique de la langue française*.

les corbeaux de la Terre à toutes les époques pour démontrer qu'il n'y a pas de corbeaux blancs. En revanche, la proposition « il n'y a pas de corbeau blanc » est falsifiable puisqu'il s'agit d'en trouver un seul blanc pour réfuter la proposition. On n'est plus ici dans la posture de recherche de l'universalité mais, au contraire, du particulier. La science ne peut pas embrasser l'universel puisqu'elle ne le connaît pas mais cherche à l'approcher. Par conséquent POPPER, conscient de cet état de fait, propose de décrire le processus scientifique à partir du particulier. Mais pour qu'il y ait du particulier, il faut qu'il existe du général... Par conséquent, POPPER ne peut qu'accepter qu'il existe des lois naturelles, immuables de fait. Ce qu'il reconnaît à la fin de son ouvrage de 1935 : *La logique de la découverte scientifique*.

La falsifiabilité des énoncés de non-existence de POPPER s'approche alors de la résolution des anomalies et des crises de KUHN. Cependant, POPPER est antérieur à KUHN. Pourquoi l'analyse de KUHN a-t-elle eu un tel écho si ce n'est en raison des faiblesses de l'analyse de POPPER ? L'analyse de POPPER est exclusive parce qu'elle ne procède que par falsifiabilité. Celle de KUHN est beaucoup plus souple puisqu'elle propose une description du progrès scientifique en remettant l'individu au cœur de la science avec sa dimension sociale, ce qui semble beaucoup plus réaliste. Mais KUHN est plus éloigné des positivistes que ne l'était POPPER.

Le critère de falsifiabilité permet de distinguer les énoncés scientifiques des énoncés métaphysiques. Ainsi, n'est scientifique que ce qui est falsifiable. Tout le reste est de l'ordre de la métaphysique. Seuls les énoncés sont vérifiables, pas la théorie. Mais par accumulation de vérification des énoncés, alors la théorie devient scientifique après avoir été métaphysique par transcendance intellectuelle.

POPPER utilise le « modus tollens », soit la proposition contraposée, qui lui permet d'introduire sa conception de « conjecture / réfutation » ou hypothèse et rejet par correction des erreurs :

$P1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P2$

Avec P1 : 1^{er} problème,

TT : tentative de théorie

EE : élimination des erreurs

P2 : nouveau problème qui apparaît après la révision.

Ce que Popper (1974) décrit par :

« All scientific discussions start with a problem (P1), to which we offer some sort of tentative solution – a tentative theory (TT) ; this theory is then criticized, in an attempt at error elimination (EE); and as in the case of dialectic, this process renew itself: the theory and its critical revision give rise to new problems (P2) »⁴⁴.

Il reviendra plus tard sur cette relation, comprenant que la science peut aussi bien commencer en TT qu'en EE, le problème normalement pratique pouvant être

⁴⁴ « Toutes les discussions scientifiques commencent par un problème (P1), auquel nous offrons une espèce de solution expérimentale - une théorie expérimentale (TT) ; cette théorie est alors critiquée, dans une tentative d'élimination d'erreur (EE) ; et comme dans le cas de la dialectique, ce processus se renouvelle : la théorie et sa révision critique provoquent de nouveaux problèmes (P2) ».

seulement ressenti par le scientifique (REDMAN, 1994). Il conviendra même que « falsifier les théories ne les confirme pas ».

POPPER est partisan d'une analyse critique. Il écrit (1974) :

« Une théorie objective est une théorie qui est défendable, qui peut être exposée à la critique rationnelle, de préférence une théorie qui peut être testée ; non une théorie qui fait simplement appel à nos intuitions subjectives ».

Alors, la méthode critique devient l'instrument de l'accroissement de la connaissance, la connaissance selon POPPER grandissant par l'élimination grâce à la technique « test-erreur ». Cependant, la falsification sera par la suite remise en cause pour plusieurs raisons :

- Le scientifique, partant d'une théorie, ne sait pas quelle(s) hypothèse(s) rejeter (problème de DUHEM).
- On ne peut pas atteindre la vérité puisqu'on ne sait pas ce qu'elle est : comment juger qu'une théorie est meilleure qu'une autre dans l'absolu si ce n'est à privilégier celle qui résiste le mieux aux tests de falsification ? POPPER convient qu'il y a là une boucle inductive...

Il n'y a pas de précédent historique au principe de falsification. Comme le note REDMAN (1994) :

« L'histoire de la science indique que les meilleures théories auraient été rejetées si les scientifiques avaient adhéré aux principes de la falsification. L'histoire prouve également que la pratique de la science n'a pas été de rejeter des théories quand l'observation était en conflit avec la théorie. »⁴⁵

- POPPER a sous-estimé le consentement des scientifiques à attaquer leurs théories. Comme le soulignera LAKATOS « Connaissez-vous un scientifique qui veuille falsifier sa théorie ? » Le processus de découverte scientifique est long. La réflexion a généralement été longue est complexe. Le chercheur est alors convaincu par sa découverte. Il aura en effet quelques difficultés à remettre en cause tout son processus de découverte puisqu'il aura le sentiment d'aboutir à quelque chose.
- Les observations peuvent par ailleurs être erronées.
- Ajoutons que le scientifique baigne dans la subjectivité par son éducation, son environnement professionnel, son collectif de pensée, etc.
-

POPPER conviendra de ces difficultés. Il écrit (1935) la **Métaphore du marécage** :

« La base empirique de la science objective ne comporte donc rien d'absolu. La science ne repose pas sur une base rocheuse. La structure audacieuse de ses théories s'édifie en quelque sorte sur un marécage. Elle est comme une construction bâtie sur pilotis. Les pilotis sont enfoncés dans le marécage mais pas jusqu'à la rencontre de

⁴⁵ "The history of science indicates that the best theories would have been rejected if scientists had adhered to principles of falsification. History also shows that the practice of science has not been one of rejecting theories when observation conflicts with theory."

quelque base naturelle ou « donnée » et, lorsque nous cessons d'essayer de les enfoncer davantage, ce n'est pas parce que nous avons atteint un terrain ferme. Nous nous arrêtons, tout simplement, parce que nous sommes convaincus qu'ils sont assez solides pour supporter l'édifice, du moins provisoirement. »

POPPER s'intéresse à l'économie parmi les sciences sociales parce qu'elle a su se développer vers les mathématiques. Cependant, il est mal à l'aise avec les tendances de l'économie : pour lui, les prévisions fiables ne peuvent reposer que sur des lois et non sur des tendances (POPPER, 1960). Jean LADRIERE (1960) s'intéresse à la critique de l'historicisme de POPPER :

« En ce qui concerne la variété pronaturaliste⁴⁶ de l'historicisme, la critique de Popper porte essentiellement sur la croyance selon laquelle "la tâche des sciences sociales est de dévoiler la loi d'évolution de la société" [...]. Il n'y a pas de mouvement de la société au sens où l'on parle de mouvement en physique et dès lors il ne peut y avoir de lois de mouvement. On peut mettre en évidence des tendances générales, mais une tendance générale n'est pas une loi ; elle peut faire l'objet d'une affirmation existentielle, non d'une affirmation universelle, et elle ne peut dès lors servir de fondement à des prédictions. Mais il faut rencontrer ici l'instance de Mill, qui présente la "méthode déductive inverse" comme la seule méthode sociologique correcte. Si l'on peut déduire une tendance générale d'une loi naturelle véritable (pour Mill, il s'agissait de lois psychologiques), on est autorisé à traiter cette tendance comme une loi et à baser des prédictions sur elle. Le procédé invoqué par Mill est le procédé qui est utilisé pour « expliquer » une loi. Ce procédé consiste à déduire la loi en question « d'un ensemble de lois plus générales qui ont été vérifiées et confirmées d'une façon indépendante » [...]. Mais il faut remarquer que l' "explication" n'est valable que si l'on tient compte, dans la formulation de la loi "expliquée", de toutes les conditions de sa validité. Or l'erreur des historicistes est de considérer les tendances générales comme des tendances absolues, et de ne pas tenir compte des conditions initiales dont ces tendances dépendent. »

Pour rendre son raisonnement cohérent, POPPER finira par écrire en note de bas-de-page qu'il est possible de tirer des lois à partir de tendances... Que penser de ces revirements dans la pensée de POPPER ? Il veut apporter un nouveau point de vue à la philosophie des sciences sociales, mais ses arguments sont quasi systématiquement remis en cause (par lui-même le plus souvent). Il s'intéresse à l'économie, parmi les sciences sociales, parce qu'elle s'est mathématisée – POPPER écrit juste après l'apparition de l'utilitarisme en économie, dans les années 1930 – mais de là à penser que l'économie a fait sa « révolution newtonienne » (POPPER, 1960) parce qu'elle a inclus dans ses outils les mathématiques et les statistiques...

Selon REDMAN (1994), POPPER a trop tendance à généraliser les objets. Ainsi, il associe historicisme à holisme méthodologique, relativisme et prophétie à grande échelle. Il fait un

⁴⁶ L'historicisme *pronaturaliste* est défini par Popper comme celle dans laquelle les méthodes de la physique peuvent et doivent être utilisées en sciences sociales. L'élément commun entre les disciplines physique et sociologie est la prédiction à l'aide de lois (prédiction technologique) et la vérification des lois par l'observation.

amalgame entre beaucoup de choses de sorte à asseoir son argumentation et à convaincre son auditoire. REDMAN écrit (p. 76) : « *En bref, la philosophie des sciences sociales de Popper est inachevée, contradictoire, et quelque peu disjointe.* »⁴⁷

REDMAN (1994) souligne l'intérêt de nombreux économistes pour la falsification de POPPER même s'ils n'étaient pas au fait. Cependant, elle s'interroge sur cet engouement, notamment à propos des travaux de Mark BLAUG qui, bien que reconnaissant que les sciences exactes sont non falsifiables, la falsification de POPPER demeure utile en économie. Ainsi :

« Pourquoi une telle contradiction se produit-elle ? Au-delà du fait que la discussion sur la falsification de Popper a été contradictoire et confuse, les économistes, comme beaucoup de philosophes des sciences, sont peu disposés à confronter la philosophie de Popper à ses conséquences logiques, parfois parce qu'ils partagent ses perspectives politiques. Une autre raison est la tendance des économistes de s'accrocher à la croyance que l'évidence empirique est l'arbitre absolu de la vérité dans les sciences économiques - une vue qu'ils pensent être ancrée dans la thèse de la falsification de Popper. »⁴⁸

POPPER a une vision *pratique* de la construction scientifique. Il s'agit d'un « monisme méthodologique » qui lui permet de considérer de la même façon les sciences exactes et les sciences sociales : il reprend la méthode hypothético-déductive du philosophe anglais Roger BACON (*De scientia experimentalī*, 1268)⁴⁹.

Cependant, le critère de réfutabilité (démarcation entre science et non-science) n'explique pas le continuum de la science, c'est-à-dire le critère de parcimonie qui dirige la science quelle qu'elle soit. Bien que le critère de réfutabilité soit un élément de rationalisation de l'évolution scientifique, il n'est pas suffisant pour expliquer l'évolution de la science. Chez POPPER, toute science (exacte ou humaine) se construit et évolue par conjectures (hypothèses) et réfutations (rejets des hypothèses pour assainir la théorie). C'est donc par la critique des anciennes théories que la science avance. Mais il n'explique pas pourquoi ce besoin de réfutation si ce n'est que les hypothèses doivent être testables, donc réfutables. Les scientifiques ne recherchent pas absolument la réfutation ! En parallèle avec l'analyse de KUHN, on pourrait dire que la réfutation est l'ensemble des anomalies qui conduisent à la crise et à la révolution scientifique. Cependant, POPPER ne prend pas en compte la « période esthétique »... Pour lui tout se passe comme si les scientifiques consacraient toute leur énergie à démonter une théorie (hypothèse donc) avant de l'utiliser puisqu'une théorie, pour être élevée au rang de théorie, doit avoir été réfutée. Il y a chez POPPER une cohérence particulière dans le raisonnement : il part de la fin (la réfutation) pour justifier les moyens (construction des hypothèses). On peut parfois avoir le sentiment qu'il manque un lien dans son raisonnement. La réfutation est le principe qui va permettre de changer de théorie. Mais avant d'en changer, la théorie est

⁴⁷ "In brief, Popper's philosophy of social science is incomplete, inconsistent, and somewhat disjointed."

⁴⁸ "Why does such contradiction occur? Besides the fact that Popper's discussion of falsification has been inconsistent and confusing, economists, like many philosophers of science, are unwilling to draw Popper's philosophy to its logical consequences, sometimes because they share his political outlook. Another reason is economists' tendency to hang on the belief that empirical evidence is the absolute arbiter of truth in economics - a view they think is anchored in Popper's falsification thesis."

⁴⁹ Le *De scientia experimentalī* est la sixième partie de l'ouvrage de Roger Bacon de 1268 *Opus maius, 3 Vols.*, ed. John Henry Bridges, Oxford and Edinburgh. (Vols. 1 & 2, Oxford (1897), Vol. 3 with corrections, Edinburgh, 1900. Reprint, Frankfurt Am Main: Minerva, 1964.

acceptée. Cependant, les scientifiques dans leurs recherches ne cherchent pas uniquement à réfuter une théorie en cours, mais plutôt à progresser dans la connaissance : il n'y a pas de recherche de « remise en cause » systématique, ou alors inconsciente... ce qui pour POPPER n'est plus de l'ordre de la science !

Ces quelques points de repère en philosophie des sciences devraient nous éclairer sur la nature et l'évolution de l'économétrie des séries temporelles. Bien entendu, il ne s'agit que d'une ébauche d'un travail au long cours...

2.4.3. Posture réflexive sur l'économétrie des séries temporelles

La difficulté majeure dans l'analyse épistémologique des séries temporelles est certainement qu'elles sont *un bout de science dure* dans une science humaine. Son évolution est donc guidée à la fois par les sciences exactes et humaines, par les mathématiques⁵⁰ et l'économie. Il sera intéressant de repérer dans quelle mesure et à quelle période elle devient perméable aux avancées des différentes sciences qui la construisent.

L'ANALYSE DES MODIFICATIONS EPISTEMOLOGIQUES DE L'ECONOMETRIE DES SERIES TEMPORELLES DEPUIS LES ANNEES 1970

L'économétrie des séries temporelles s'est considérablement modifiée au cours des années 1970. Dans cette période, on assiste simultanément à des *révolutions* – au sens de KUHN – dans les mathématiques et dans la théorie économique. Comme je l'indique dans mon livre (MEURIOT, 2012a) :

« Les faiblesses pointées des modèles macroéconomiques prônés par la *Cowles* ne sont pas pour autant résolues par les chercheurs du *NBER*. En revanche, nous assistons bien à l'époque à une *crise* – selon KUHN – dans la mesure où on perçoit dans les modèles de la *Cowles* une accumulation d'anomalies. Mais, est-ce que pour autant le *NBER* résout ces difficultés ? Non. Le *NBER* propose d'autres méthodes pour répondre à d'autres problèmes : on s'intéresse à la compréhension d'un phénomène particulier. Les deux institutions ne raisonnent pas sur un même plan : l'une se positionne en macroéconométrie, l'autre plutôt en microéconométrie. En revanche, le phénomène auquel nous assistons depuis le milieu des années soixante-dix est très certainement l'épilogue de l'hégémonie d'un collectif de pensée à la *FLECK* à l'intérieur d'un même paradigme. Cette crise induira un rééquilibrage des forces des collectifs de pensée dans la science économétrique et ainsi nous assisterons à un développement conséquent du champ des séries temporelles. Prend-on conscience alors que l'*équilibre général* n'est qu'une vue de l'esprit économique, que l'économie évolue sur un sentier dynamique dont les composantes réagissent *ex-ante* ou *ex-post* et créent des désajustements temporels, que ces délais condamnent temporairement l'équilibre si convoité ? L'accumulation de ces « anomalies » a certainement encouragé les économètres à

⁵⁰ Je considère ici les mathématiques au sens large, et par extension les statistiques comme un des domaines des mathématiques.

s'orienter vers la compréhension des phénomènes, à conduire une recherche « introspective » des composantes dynamiques de l'économie. »

Les turbulences scientifiques qui émergent dans cette période sont mues à la fois par l'économie et par les mathématiques :

- ✓ Les modèles structurels, emblématiques du savoir-faire de la *Cowles Commission*, sont définitivement remis en cause par la critique de LUCAS (1972, 1976). Ils ne répondent plus à l'évolution de l'économie notamment parce qu'ils ne peuvent intégrer les comportements anticipatifs des agents comme l'a prouvé la crise de 1973. Il y a sans nul doute là une accumulation d'anomalies qui conduiront à une crise au sens de KUHN.
- ✓ Les processus temporels sont décrits sous une forme autorégressive moyenne mobile (ARMA) par BOX et JENKINS (1970). Ils reprennent les travaux sur la décomposition des processus de WOLD (1938, 1954) qui s'inspirent antérieurement des travaux sur les mécanismes d'impulsion / propagation de YULE (1927) et sur l'influence des éléments aléatoires de SLUTSKY (publiés en 1937). Cette écriture algébrique des processus temporels ouvrira la voie à une nouvelle forme d'analyse mathématique plus simple que les investigations trigonométriques (la décomposition de FOURIER). Assistons-nous là à l'émergence d'une révolution scientifique à la KUHN ?

Simultanément, GRANGER (1969) met au point un concept de causalité pour les séries temporelles – causalité bi-variée à l'intérieur d'une structure stochastique –, adapté des travaux de WIENER (1958) et qui permet de tester le sens de l'influence des variables entre elles à l'intérieur d'un système. SIMS (1972) étendra le concept de causalité de GRANGER en déplaçant l'échelle temporelle. Nous assistons ensuite à une explosion de concepts *via* l'économétrie des séries temporelles et pour améliorer notre compréhension des phénomènes économiques. Ainsi :

- Les tests de racine unitaire (FULLER, 1976 ; DICKEY & FULLER, 1979, 1981) qui, à partir de l'écriture ARMA permettent d'analyser l'influence du temps sur l'évolution des processus temporels. GRANGER initiera des travaux sur la notion de mémoire des séries en s'intéressant au degré d'intégration des processus.
- En 1974, GRANGER et NEWBOLD identifient des pratiques fallacieuses dans l'analyse des phénomènes économiques – les *spurious regressions* – qui, grâce à la « collaboration » avec HENDRY et sa connaissance des mécanismes de correction à l'équilibre de SARGAN (1964), conduira GRANGER à théoriser le concept de cointégration dès la fin des années 1970.
- Dans le même temps, ENGLE s'intéresse à la conjecture de Milton FRIEDMAN, notamment au rôle de l'inflation dans l'évolution du cycle économique. Il développera, avec l'aide de GRANGER et l'appui de HENDRY, la modélisation autorégressive à hétéroscédasticité conditionnelle (ARCH) et résoudra (1982) ainsi l'un des problèmes techniques majeurs de l'estimation économétrique.
- Parallèlement à ces travaux, SIMS (1980) poursuit son investigation sur le rôle de la causalité en économie. Il initiera un courant de modélisation vectorielle

autorégressive (VAR) qui raisonne sur les interrelations de court terme entre les composantes d'un système macroéconomique. Ce courant résoudra certaines contradictions de l'économétrie structurelle classique (MEURIOT, 2008).

Toutes ces « nouveautés » sont intervenues au cours d'une décennie et sont le fruit du travail d'une poignée d'hommes : BOX, JENKINS, FULLER, DICKEY, GRANGER, HENDRY, ENGLE et SIMS. Trois d'entre eux recevront le prix Nobel pour leurs travaux : GRANGER et ENGLE en 2003, SIMS en 2011. Comment interpréter ces événements dans l'évolution de l'économétrie des séries temporelles ? Quelle empreinte ont-ils laissé dans la discipline ?

UNE INTERPRETATION PAR LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES ?

Il n'existe pas à ma connaissance de travaux en philosophie des sciences qui portent sur l'analyse de l'économétrie des séries temporelles modernes. Seul un article de HENDRY (1980) aborde quelques thèmes, notamment la falsification de POPPER et la place de l'économétrie entre « science et alchimie » ; il publiera également un livre éponyme (1993), mais qui n'apportera pas foncièrement plus de réponse à cette question. Les études remarquables de Mary MORGAN (1990) ou Duo QIN (1993) témoignent de la période antérieure à l'explosion des concepts des années 1970 / 1980. La conversation entre HENDRY et LEAMER orchestrée par POIRIER (1990), bien que riche, ne traite que de questions méthodologiques n'abordant que subrepticement les questions épistémologiques. Pourtant, je suis convaincue que l'analyse de l'économétrie des séries temporelles modernes par la philosophie des sciences ne peut que nous conduire à une meilleure intellection de son évolution (MEURIOT, 2013b).

Comment qualifier toutes ces avancées en économétrie des séries temporelles ? Au terme de ces réflexions, plusieurs questions ont émergé. J'y répondrai en trois étapes : les questions auxquelles j'ai pu répondre, les questions en cours d'analyse, et enfin les questions à résoudre.

Les questions résolues

- L'économétrie des séries temporelles est-elle une science ?
Incontestablement ma réponse est *oui*. Son objet est une représentation du monde (économique). Elle procède par construction de modèles. Elle a son propre collectif de pensée distinct de celui de l'économie et des mathématiques même si elle s'inspire de l'une et l'autre science. Elle est falsifiable au sens de POPPER à en juger par le nombre d'anomalies résolues au cours des années 1970 / 1980. Enfin, elle semble fonctionner selon le schéma de KUHN...
- L'économétrie des séries temporelles a-t-elle vécu une révolution scientifique au cours de la décennie 1970 ?
Manifestement *oui*. Il n'est plus possible aujourd'hui de travailler en séries temporelles sans identifier la structure des processus par les tests de racine unitaire, la recherche de relation(s) de cointégration. Ces deux éléments, propres aux séries

temporelles, marquent une réorientation de la science normale. Il me semble que nous avons basculé au-delà de la correction d'anomalies : on ne peut publier de travaux de recherche sans ces traitements préalables. Le collectif de pensée a adopté ce nouveau style de pensée. La décennie 1970 atteste une révolution dans les pratiques scientifiques. (MEURIOT, 2014)

Les questions en cours d'analyse

- Au terme de la période 1970 / 1980, avons-nous assisté à un changement de paradigme ?

KUHN indique sans réserve que deux paradigmes ne peuvent coexister. Or, dès le début de mes travaux de recherche, si j'ai été confrontée à la « querelle » entre une économétrie structurelle (relevant de la *Cowles Commission*) et une économétrie non structurelle (relevant du *NBER*), il me semblait qu'il s'agissait de deux types d'analyse complémentaires. Comme je l'écrivais après ma thèse, bien que le papier ait été publié en 2008 :

« La modélisation non structurelle a encore aujourd'hui quelques difficultés à s'affirmer comme courant complémentaire de l'économétrie classique. Cependant, la théorie économique, qui s'intéresse de plus en plus aux « imperfections » du monde réel, devrait avoir recours au non structurel pour conceptualiser et vérifier. Il semble que cet outil, perfectible, soit un instrument efficace pour accompagner ces évolutions économiques. Mais faut-il maintenir un clivage entre économétrie classique et économétrie non structurelle ? Cette séparation n'est certainement pas aussi nécessaire qu'il y paraît. La complémentarité des méthodes ne requiert pas leur isolement. Au plan méthodologique, nous retiendrons simplement qu'un bon instrument doit épouser la problématique. Ce principe fondamental devrait suffire à légitimer l'existence du courant non structurel. »

Aujourd'hui, ma réflexion a évolué.

Si on considère que les modèles VAR ont intégré par la suite des éléments de structure, peut-être peut-on considérer que les nouveaux concepts des séries temporelles ont suscité un changement de paradigme ; il semble que ce soit l'économétrie classique qui se soit adaptée aux nouveaux concepts de séries temporelles et non l'inverse (MEURIOT, 2008).

Une interrogation de même nature intervient à propos des tests de racine unitaire et du concept de cointégration : il est impossible depuis les années 1980 de traiter les séries temporelles sans la vérification de ces éléments structurels. Mais où est la frontière entre progrès scientifique (agrandissement de la connaissance) et changement de paradigme ? Quand bascule-t-on d'une simple avancée scientifique dans le changement de paradigme ? Est-ce que la différence se fait sur l'acceptation massive par la communauté scientifique en fonction des avancées ? Est-ce que le nombre de scientifiques « utilisateurs » fait foi ?

S'il y a eu crise (résolution d'anomalies), est-ce qu'il y a eu pour autant apparition d'une nouvelle théorie ? En économie indubitablement : après la critique de LUCAS il

Il y a bien un changement du cadre d'analyse théorique au-delà de l'analyse keynésienne. *Quid* en économétrie ?

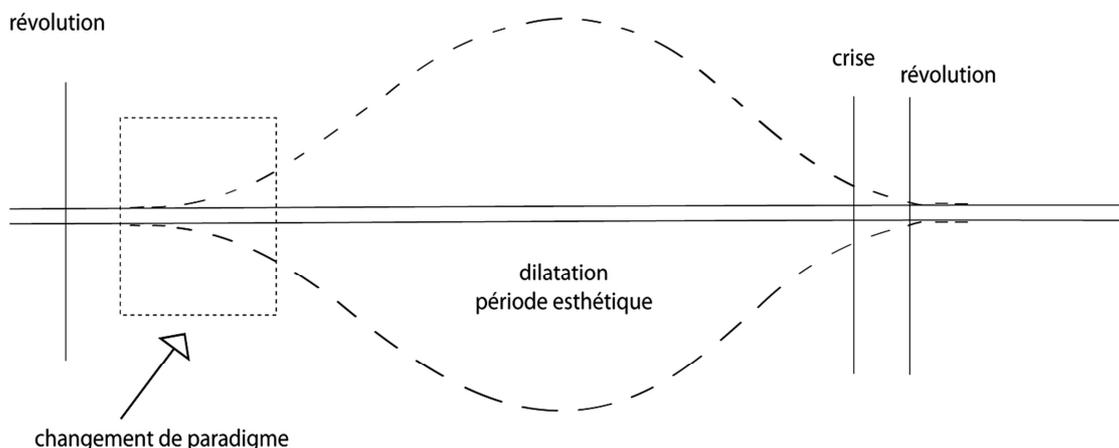
Pourtant, on a bien assisté à l'éclosion d'une « nouvelle façon de faire la science normale » en économétrie des séries temporelles. Et c'est pourquoi aujourd'hui je tendrais vers l'acceptation d'un nouveau paradigme à l'issue des nouveaux concepts des années 1970 / 1980. Mais cette posture appelle une autre question sur la science normale. (MEURIOT, 2014)

- Où en sommes-nous dans l'évolution de la science normale ?

Mon retour à la recherche scientifique après plusieurs années d'absence, m'a permis de mesurer à quel point les avancées théoriques avaient été esthétiques – *ad hoc* – plutôt qu'induites par l'économie. Ainsi, les tests de racine unitaire étaient capables de détecter des degrés d'intégration fractionnaires dans les processus, des exercices de modèles fractals étaient utilisés en économie, les tests ARCH s'étaient développés sur ces dernières avancées, et on parlait même de cointégration fractionnaire et par morceaux... Il me semblait qu'on assistait là à une dilution des concepts fondamentaux de l'économétrie des séries temporelles modernes. Ainsi, sur la base des développements des tests de racine unitaire, on allait décliner tous les autres concepts.

J'ai analysé cet état de l'art comme une « période esthétique », une période dans laquelle on développe les concepts nouveaux à la marge, dans des extensions *ad hoc* la plupart du temps pour l'économie et *esthétiques* pour les mathématiques (MEURIOT, 2012c, 2014, 2015a). Il y a dans cette période esthétique une espèce d'étirement des concepts fondamentaux. Ainsi, à l'instar de KOOPMAN & REIERSØL (1950) qui opposaient le *modèle esthétique* (« ajusté » par le scientifique) au modèle contraint uniquement par la théorie économique, j'avancerai l'hypothèse d'une *période esthétique* de l'économétrie des séries temporelles depuis les années 1980. Cette période, qui correspond à la science normale chez KUHN, est à mon sens une période de dilatation entre deux révolutions : au cours de cette période, les scientifiques explorent dans la science normale. J'en donnerai cette représentation :

La période esthétique de la recherche



Les questions ouvertes...

- L'économétrie des séries temporelles serait-elle sous-tendue par le **principe de parcimonie** ?

Dans un champ purement épistémologique, la question se pose de savoir si ce n'est pas l'expression du principe de parcimonie qui permet de réguler l'évolution de l'économétrie des séries temporelles. Parce que la science est faite par des individus pensants, elle s'inscrit dans un processus dynamique du fait de l'influence que subissent les scientifiques, influences professionnelles mais aussi privées (éducation...) qui les rendent plus ou moins sensibles à tel ou tel événement, élément, etc. Il est donc normal que les développements de la science normale prennent telle direction plutôt que telle autre. Mais il me semble, au vu de la première période de l'économétrie (classique), que la critique de LUCAS a apporté un assainissement dans les développements des modèles esthétiques. D'où l'apparition d'une crise et d'une révolution. Il y a eu une espèce de recentrage de la discipline par la théorie économique.

Ne peut-on voir là une rationalisation de la discipline par l'application du principe de parcimonie qui permet d'identifier les anomalies, les crises, génère la phase de révolution et conditionne le changement de paradigme ? L'application du principe est *englobante* : elle sert à réduire de façon cohérente et rationnelle les développements esthétiques, à les économiser.

- Existe-t-il un lien scientifique entre le cycle économique et le cycle économétrique ?
Parce que l'économétrie est enchâssée entre l'économie et les mathématiques, mais qu'elle est dédiée à l'économie, il serait intéressant de comparer la nature, la durée et le synchronisme entre le cycle économique et le cycle économétrique. Nous pourrions ainsi vérifier le degré de dépendance de l'économétrie des séries temporelles par rapport à l'économie et, pourquoi pas, mieux prévoir les bifurcations de cette science (MEURIOT, 2014). C'est sans doute là un travail de longue haleine, car si les cycles de la théorie économique sont relativement bien identifiés, il n'en est pas de même de l'économétrie des séries temporelles qui est une science très jeune.

2.5 Une interprétation de l'économétrie des séries temporelles par la sociologie des sciences : le champ scientifique

« Je pars d'un postulat, de l'unique postulat que la science économique a pour objet de connaître et d'expliquer la réalité économique. »

SIMIAND, 1912, p. 179

Depuis ma thèse (1993), j'ai toujours été attirée par la dimension sociologique qui était négligée, voire *oubliée*, dans la plupart des recherches économiques. La démarche que j'ai adoptée dans ma thèse allait à l'encontre de la démarche standard, et s'appuyait sur un constat relevant plus de la sociologie que de la simple *analyse économique de marché*. Ainsi, j'ai travaillé sur le marché du vin de table non pas comme application des méthodes économétriques, mais parce que le déséquilibre patent sur ce marché était entretenu par un raisonnement sociologique vicié par la mécanique économique (MURCIA, 1993) : alors que le rapport Mansholt proposait de subventionner les petits producteurs de sorte à leur assurer un revenu décent, on assistait à une paupérisation des petits producteurs au bénéfice des grosses exploitations qui étaient de toute façon viables. Ma problématique était alors de prouver l'erreur de mise en œuvre de la Politique Agricole Commune (PAC) pour le secteur du vin par les méthodes des séries temporelles, seules capables de révéler scientifiquement la supercherie par les concepts de cointégration et de modélisation vectorielle autorégressive. Il fallait tout d'abord expliquer le déséquilibre du marché par la théorie économique. Mais le paradigme économique néo-classique était peu intéressant, et je me suis tournée vers les courants nouveaux (bien que non réellement hétérodoxes), notamment la théorie du déséquilibre de Jean-Pascal BENASSY et Edmond MALINVAUD. On m'a reproché cette attitude, m'expliquant que je n'avais pas suffisamment mobilisé les mécanismes de marché de la théorie orthodoxe... Mais, selon moi, le déséquilibre sociologique (incohérence de la PAC, changements d'habitude de consommation, augmentation imprévisible autant qu'aléatoire de la production) ne rentrait pas dans le cadre d'analyse néo-classique...

Lorsque j'ai travaillé parallèlement sur le marché du pétrole, mes co-auteurs attendaient de moi que je quantifie la dynamique du marché depuis le choc pétrolier de 1973, mais sans la contextualiser dans un univers économique en crise et s'ouvrant sur le néo-libéralisme des années 1980. Quel intérêt ? Produire du chiffre *in abstracto* ? Dérouler des méthodes de modélisation dynamique qui étaient alors nouvelles pour *faire science* ? Non, ne pas toucher au paradigme néo-classique à nouveau...

Lorsque je suis revenue à la recherche en 2007, j'ai constaté que les séries temporelles avaient finalement peu évolué. J'avais quitté le domaine peu après que *l'explosion des concepts* parvienne en France (Internet n'existait pas et ma bibliothèque universitaire de province recevait bien tardivement les publications américaines), et mon sentiment était que les séries

temporelles semblaient stagner, se satisfaire des progrès des années 1970 et finalement *tourner sur elles-mêmes*. Les publications que je lisais me paraissaient peu cohérentes, j'avais le sentiment que les chercheurs ne comprenaient pas l'essence des méthodes qu'ils utilisaient. J'ai essayé d'écrire dans ce sens : je n'ai essuyé que des refus, souvent mâtinés d'invectives comme en témoigne cet extrait d'un rapport de revue que j'ai reçu en 2009 :

« [...] il y aurait un ou des articles erronés dans une revue internationale. My goodness ! C'est bien insuffisant pour monter un procès en sorcellerie⁵¹, car c'est un secret de polichinelle que beaucoup d'articles même de bonnes revues sont erronés. »

La science se trompait et on n'en avait rien à faire... J'ai alors décidé de me lancer dans l'écriture d'une histoire des concepts des séries temporelles tant je ressentais le besoin de clarifier l'essence des méthodes dans l'esprit des économistes, à commencer par les étudiants. Le travail a été âpre, aucun livre n'avait été écrit sur la période des séries temporelles modernes⁵², pas plus que d'articles. La période antérieure (de la naissance de l'économétrie jusqu'au début des années 1970) était assez bien balayée, mais quant à celle qui m'intéressait... La plongée dans cette histoire des concepts s'est avérée compliquée. Je connaissais les concepts majeurs – ceux que j'avais étudiés dans ma thèse – mais ce que j'appelle « la période esthétique » s'étant installée depuis deux décennies au moins, la compilation des extensions méthodologiques devenait très délicate, voire incommensurable. Je suis finalement parvenue à bout de l'exercice et je crois que ce travail a été extrêmement enrichissant : j'ai engagé des correspondances avec les plus grands noms de la discipline (GRANGER, HENDRY, ENGLE, mais aussi bien d'autres économètres de renom sur la planète entière !), j'ai été invitée à Rotterdam dans l'antre de TINBERGEN. J'ai également pris un immense plaisir à porter un regard réflexif sur ma discipline, mais... j'ai aussi mesuré combien elle s'était appauvrie en constatant l'importance que la finance avait prise dans les séries temporelles, et donc le poids de la théorie néo-classique. J'étais à la fois satisfaite d'avoir écrit un livre sur cette histoire, mais désolée et désabusée de voir l'usage que l'on faisait de ces magnifiques concepts... Il m'est apparu évident que je devais maintenant m'intéresser à cette *science en train de se faire*.

J'ai investi ensuite la philosophie des sciences pour engager un travail d'analyse réflexive et critique. J'ai rapidement été confrontée à certaines limites de la discipline : si elle autorise une analyse extérieure de la science – par *l'administration de la preuve* – elle ne pousse pas l'investigation jusqu'à l'analyse intérieure d'une science tout du moins sociale (BERNS, 2013). En revanche, la sociologie (des sciences) me permettra d'accomplir ce travail comme je l'entendais, notamment construire le champ disciplinaire de l'économétrie des séries temporelles dans sa nouvelle configuration, à partir des années 1970. Mais, comme tout spécialiste disciplinaire qui se respecte, je crois pouvoir sincèrement avouer que j'avais une connaissance erronée de ce domaine. Pourtant, mes multiples tentatives de publication en économie auraient dû m'interpeller. Les revues d'économie – par conséquent l'économie elle-même – ne sont pas disposées à publier des recherches sur le thème de l'analyse critique et

⁵¹ Je tiens à préciser que le rapporteur en question s'est largement mépris sur l'ambition de mon papier qui se limitait strictement à expliquer l'origine des méthodes, leur philosophie et leur objet. Je n'ai toujours pas compris comment ce rapporteur a pu me soupçonner de « procès en sorcellerie »...

⁵² Le livre d'Alain PIROTTE « Économétrie des séries temporelles » est relativement imprécis sur la période moderne.

réflexive de la discipline. Mais comment parler de ma discipline sous cette perspective si je n'ai pas de tribune, si je ressens une forme de fermeture du corpus et donc de l'académisme ? Parallèlement, je me suis orientée vers la sociologie. Quelques lectures m'ont séduite parce qu'elles me laissaient entrevoir que la tribune que je recherchais existait là. Mais la distance est grande pour le praticien entre une discipline mathématique excessivement formalisée et le discours littéraire de la sociologie. Pour reprendre les propos de Clive GRANGER :

« Leurs discussions étaient toujours en mots, ce que je tentais de reformuler alors mathématiquement, mais ce n'était pas toujours aussi simple que cela, car ils ne comprenaient pas toujours ce que je voulais dire et ce qu'ils essayaient de dire ne se traduisait pas toujours très clairement. »⁵³ (PHILLIPS, 1997, 256)

La sociologie est véritablement la discipline depuis laquelle on peut observer « la science en train de se faire ». L'économétrie des séries temporelles est une science jeune ; il est intéressant d'analyser comment *elle se fait*. Pour la comprendre de l'intérieur – et au-delà de l'histoire des faits – la sociologie a su développer des domaines spécifiques d'analyse : l'étude des relations entre les individus, l'étude du rôle des institutions, l'étude du champ scientifique... Autant d'objets sociologiques nécessaires à l'étude réflexive d'une science. Il me semble aujourd'hui que seule la sociologie offre cette opportunité. Elle dépasse en cela les limites de la philosophie des sciences qui ne regarde que la rationalité de la science. Par la sociologie il est possible d'atteindre le cœur d'une science, de décrire les fonctionnements structurants d'une science. GINGRAS (2013) situe, dès les premiers mots de son ouvrage, la contribution de la sociologie des sciences :

« Les sciences, entendues au sens large de modes d'interrogation de la nature fondés sur la raison, l'observation ou l'expérimentation, peuvent être abordées sous plusieurs angles. Conçues comme un corpus de savoirs méthodiquement obtenus et validés, elles peuvent faire l'objet d'une analyse philosophique. Vues sous l'angle de leurs transformations temporelles, les sciences ont bien sûr une histoire. Envisagées comme processus de création, elles peuvent devenir un objet d'étude pour les psychologues. Après la Seconde Guerre mondiale, les sciences ont acquis une force politique nouvelle, ce qui a amené les politologues à s'interroger sur les rapports entre le pouvoir politique et la science. Quant à l'économie, elle s'est intéressée moins aux sciences en tant que telles qu'à l'invention et l'innovation. Enfin, considérées comme des pratiques sociales institutionnalisées, les sciences peuvent faire l'objet d'études sociologiques. » [GINGRAS, 2013, p. 3]

Comme il l'indique un peu plus loin : « Sans institution, la science n'est qu'une forme de passe-temps privé. » (2013, p. 30). La sociologie des sciences s'adapte parfaitement à une analyse critique et réflexive d'une discipline scientifique de *l'intérieur* et dans *sa globalité*. Elle me permet aujourd'hui de porter sur ma discipline ce regard nécessaire pour construire le champ scientifique des séries temporelles, le chaînon manquant d'un programme de recherche qui m'anime depuis plus de vingt ans. Mais, au-delà, cette sociologie me permet aussi de

⁵³ "Their discussions were always in words, which I would then try to rephrase mathematically, but that was not always that easy, because they did not always understand what I was trying to say and what they were trying to say did not always translate very clearly."

tenter un exercice de transdisciplinarité – au sens de NICOLESCU (1996) – en intégrant la notion de logique du tiers inclus de LUPASCO (1947, 1951) pour asseoir l’usage de l’économétrie des séries temporelles en sociologie. Comme nous le verrons, le projet d’un « atelier Simiand » devrait réunir les disciplines et converger vers ce travail transdisciplinaire.

Après l’apprentissage et la pratique des séries temporelles, une première écriture inédite de l’histoire des concepts, et une immersion dans la philosophie des sciences pour comprendre l’évolution (paradigmatique) de la discipline, la sociologie des sciences m’ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Comme l’écrit LEBARON :

« La sociologie de la connaissance économique est, dès lors, le premier moment d’une *économie réflexive* dont l’objet ne se réduit pas au seul microcosme des économistes. L’une des difficultés rencontrées ici tient au fait que, comme tout enjeu de croyances de nature religieuse, il est souvent pensé par opposition au reste du monde social : or, c’est en étudiant de façon objective sa relation complexe avec l’ensemble de l’espace environnemental que l’on peut analyser les fonctions de ce champ et, plus particulièrement, sa contribution à la reproduction de l’ordre social. » [LEBARON, 2000, p. 11]

Ainsi, mon projet de recherche aujourd’hui s’inscrit tout d’abord dans l’analyse critique et réflexive du champ scientifique de l’économétrie des séries temporelles, de 1974 à 1982, période extrêmement prolifique et *révolutionnaire*. Puis, dans un second temps, il vise à définir l’apport de l’économétrie des séries temporelles pour la sociologie.

S’intéresser au champ scientifique des séries temporelles depuis la sociologie confère des regards croisés à l’analyse (LEBARON, 2000 ; BOURDIEU, 1975). Il s’agit de comprendre les mécanismes de formation et d’évolution de la discipline par construction d’une connaissance plurielle :

- le parcours des pères fondateurs, les relations humaines entre eux, leur influence dans l’évolution de la discipline,
- le rôle des institutions, leur fonctionnement et leur poids,
- le rôle de l’académisme, ses contraintes et ses impacts dans le développement de la discipline,
- l’adaptation des individus à la structure sociale.

L’exercice, s’il se nourrit des recherches antérieures – de pratiques, d’histoire et de philosophie – doit me conduire à la construction du champ scientifique des séries temporelles. Là encore, il s’agit d’une recherche inédite. Les matériaux sont rares, la discipline est jeune. Pourtant, à la lecture des interviews données par les fondateurs de la discipline, il y a me semble-t-il matière à poser les premières pierres de ce programme de recherche, à produire un premier cadre à l’analyse réflexive et critique. Cependant, l’analyse sociologique requiert un cadre plus large que la discipline elle-même.

Quelques repères historiques en séries temporelles

1927	Processus autorégressifs (impulsion)	YULE
//		
1938	Théorème de décomposition	WOLD
//		
1954	Théorie du contrôle	PHILLIPS
//		
1964	Mécanisme de correction à l'équilibre	SARGAN
1969	Causalité	GRANGER
1970	Processus ARMA	BOX & JENKINS

1974	Régressions fallacieuses <i>Spurious regressions</i>	GRANGER & NEWBOLD
1976	Racines unitaires	FULLER
1977	Exogénéité (première présentation)	RICHARD
1979	Tests simples de racine unitaire	DICKEY & FULLER
	Exogénéité	HENDRY, RICHARD, ENGLE
1980	Mémoire des séries temporelles	GRANGER GRANGER & JOYEUX
	Modèle VAR	SIMS
1981	Tests augmentés de racine unitaire	DICKEY & FULLER
	Cointégration (première publication)	GRANGER
1982	Modèle ARCH	ENGLE
1983	Cointégration et théorème de représentation : <i>unpublished paper</i>	GRANGER
1986	Cointégration (deuxième publication)	GRANGER
1987	Cointégration (publication officielle)	ENGLE & GRANGER

Quelques repères méthodologiques pour les séries temporelles

La causalité **(GRANGER, 1969)**

Le concept de « causalité », ou « causalité *au sens de Granger* » comme le nommera SIMS dès 1972, est inspiré des travaux sur la cybernétique du mathématicien WIENER que côtoiera GRANGER lors de son séjour à Princeton en 1959.

L'étude temporelle de phénomènes économiques (*a fortiori* sociologiques) fait appel à un ensemble d'interrelations (relations causales) dont les temporalités ne sont *a priori* ni fixes, ni synchrones... Cependant, l'existence de ces interrelations témoigne de liens temporels à l'intérieur du phénomène observé. Ces interrelations sont alors exprimées en termes de *liens de causalité* (causes / conséquences). On peut définir un lien de causalité comme :

*La connaissance d'un phénomène Y améliore-t-elle
la connaissance d'un phénomène X ?*

En économétrie, cette définition est la plus pertinente lorsqu'on se place du point de vue de la prévision, objet de prédilection :

*La prévision d'un phénomène X est-elle améliorée
par la connaissance d'un phénomène Y ?*

Si la réponse est « oui », alors X est en relation causale avec Y.

Le concept de causalité repose donc sur l'amélioration de la connaissance d'un phénomène observé à partir des informations contenues dans son environnement. Ces informations environnementales auront ou non une influence au cours du temps sur l'évolution du phénomène. Ces informations seront ou non en relation causale avec le phénomène.

GRANGER raisonne à partir d'un ensemble de variables pressenties comme participant à la réalisation d'un phénomène particulier. Pour décrire (et tester) l'existence de ces relations causales, il utilise la notion de prédictibilité du phénomène :

La définition de la causalité est entièrement fondée sur la prédictibilité de certaines séries, X, par exemple. Si une série Y_t contient dans ses valeurs passées une information qui améliore la prédiction de X_t , et si cette information n'est contenue dans aucune autre série utilisée pour calculer le prédicteur, alors on dit que Y_t cause X_t . (Granger, 1969, p. 430)

De façon opératoire, GRANGER considère qu'il existe une relation causale entre deux variables si la prévision de l'une est améliorée en utilisant l'information contenue dans l'autre (par réduction de l'erreur de prévision). Ainsi, le temps est non seulement une condition essentielle à la causalité chez GRANGER, mais seuls le passé et le présent peuvent causer le futur – la proposition inverse n'existe pas.

L'intérêt du concept de causalité en économétrie est d'ouvrir la discipline à une réelle analyse dynamique : grâce au test de causalité de GRANGER, on peut tester si des variables entretiennent une relation causale temporelle et quantifier la force de ce lien. La relation causale peut être unidirectionnelle, bidirectionnelle (feedback) ou retardée. Ce concept servira de base à toute l'analyse interactionnelle, la modélisation VAR de SIMS notamment.

Stationnarité, non-stationnarité

(DICKY & FULLER, 1976 à 1981)

Les séries temporelles ont une relation complexe au temps. Les notions de stationnarité et de non-stationnarité permettent d'identifier la nature de cette relation.

Une série temporelle évolue au cours du temps. L'influence du temps peut prendre diverses formes qui auront des conséquences particulières. La première question que le praticien des séries temporelles doit se poser est « quelle est la nature de la relation au temps (déterministe ou stochastique) de la série temporelle ? ».

- Lorsque la série **n'est pas influencée à long terme** par le temps dans son processus d'évolution, elle est dite « stationnaire ». Dans ce cas, elle peut présenter une instabilité mais seulement dans le court terme et non de façon tendancielle. Elle est alors utilisée telle quelle dans la modélisation. Dans la logique des tests statistiques, elle correspond à un phénomène « normal ».
- Le temps peut avoir une **influence dans le long terme** « visible » (la série est dite « stationnaire en tendance ») et dans ce cas on la supprime par régression de la variable temporelle.
- Mais le temps peut aussi avoir une **influence dans le long terme** à partir des informations « non visibles » (la série est dite « stationnaire en différence ») et dans ce cas on la supprime par différenciation de la série.

L'influence dans le long terme (bimodale) du temps sur l'évolution de la série crée des déformations, des anomalies, qui se reproduisent au cours du temps et sont perceptibles lors de l'utilisation de la série dans les modèles. Ainsi, une série influencée tendancielle par le temps **converge plus rapidement** lors de l'estimation des paramètres du modèle parce que la série contient artificiellement un mouvement répétitif induit par le temps qui passe. Si l'on ne retire pas cette influence au temps, alors les résultats de la modélisation valideront beaucoup plus souvent que dans la réalité l'hypothèse que l'on cherche à tester à partir du modèle.

Les tests mis au point par FULLER puis par DICKY et FULLER utilisent des tables statistiques calculées de sorte à corriger cette vitesse de convergence plus rapide des estimateurs. Ces travaux ont permis non seulement d'assainir la modélisation des séries temporelles, mais ils ont surtout ouvert la voie à l'économétrie des séries temporelles moderne. Les phénomènes réels ne sont que très rarement décrits par des processus stationnaires. Jusqu'aux travaux de DICKY et FULLER, les praticiens traitaient des séries non stationnaires comme si elles étaient stationnaires. D'où les erreurs de prévisions croissantes avec le développement de la modélisation temporelle.

Les régressions fallacieuses ou “spurious regressions”

(GRANGER & NEWBOLD, 1974)

L'identification des régressions fallacieuses a eu une portée considérable dans l'analyse dynamique des séries temporelles. Elles ont « purgé » la modélisation de mauvaises pratiques et ont remis au centre la cohérence de la problématique.

Les régressions fallacieuses sont généralement l'expression d'une anomalie dans ou entre les séries temporelles introduites dans le modèle. La série temporelle entretient très souvent une relation complexe au temps, un lien temporel qui est reconduit d'une période à l'autre avec plus ou moins d'intensité : une partie de la réalisation de l'observation au temps t vient de la reproduction du comportement de cette variable dans les périodes antérieures. On appelle cette manifestation « autocorrélation ». Dans la procédure de régression, l'existence de ces autocorrélations brouillent les résultats en accordant une importance non légitime à la réalisation d'un phénomène, notamment une convergence non normale des estimateurs stationnaires (voir l'encadré *Stationnarité, non-stationnarité* ci-dessus). Ainsi, les résultats obtenus lors de la régression divergent des résultats attendus : une variable temporelle qui contient de l'autocorrélation se voit accorder un poids plus important dans la modélisation. Ce n'est qu'un artifice mathématique et non le reflet d'une quelconque réalité.

Les effets pervers produits par l'autocorrélation ont été repérés par GRANGER & NEWBOLD en 1974 comme l'association d'un coefficient de régression (R^2) très élevé et un coefficient d'autocorrélation sur les résidus (test de Durbin & Watson) anormalement proche de 0. Ces manifestations *anormales* proviennent de séries *non normales* mais utilisées dans les modèles *comme si* elles étaient normales.

La cointégration

(GRANGER, 1981 à 1986 ; ENGLE & GRANGER, 1987)

La cointégration signifie que deux ou plusieurs séries temporelles (dans un même système) qui ont une tendance à long terme semblable, peuvent interagir entre elles (sous certaines conditions mathématiques). Le concept de cointégration trouve son expression en matière de politique économique. Il est issu des travaux antérieurs sur les mécanismes à correction d'erreur, la causalité, les régressions fallacieuses et la non-stationnarité (tests de racine unitaire). Il est aussi et surtout le fruit d'une relation intense entre GRANGER et HENDRY au cours des années 1970 (voir MEURIOT, 2015a). Si la « cointégration » est une notion relativement simple et évidente, elle mettra pourtant près d'une décennie à voir officiellement le jour.

L'intuition de HENDRY, qui a travaillé avec SARGAN sur la modélisation dynamique (les mécanismes de correction à l'équilibre), l'invite à raisonner sur une hypothétique relation équilibrante entre **les différentes variables d'un système**. À l'intérieur d'un système, chaque variable évolue à court terme selon sa propre trajectoire. Cependant, il se peut qu'il existe une évolution conjointe (semblable) à long terme (tendanciellement) entre différentes variables. Dans ce sous-ensemble, on peut raisonnablement considérer que toute modification apportée à l'une de ces variables produira un effet sur les autres variables.

Ainsi, si les variables évoluent à long terme de la même façon, alors elles entretiennent non seulement un lien causal fort, mais peuvent de plus rationaliser les actions de politique économique : en agissant sur une seule variable on peut obtenir une action sur l'ensemble (ou une partie) du système à moindre coût.

- Prenons le cas du revenu et de la consommation nationaux : ces deux variables évoluent individuellement de façon non stationnaire (le temps fait croître le revenu nominal par exemple, le niveau de la consommation dépend de nombreux paramètres et ne suit pas une évolution stable). Cependant, lorsqu'on considère l'écart entre la consommation et le revenu, la série « $Z_t = \text{revenu} - \text{consommation}$ » est une série stable : l'écart entre le revenu et la consommation est quasi constant au court du temps puisque le niveau de la consommation dépend du niveau du revenu.

Économiquement, le raisonnement semble évident. Mathématiquement, la formalisation est ardue car nous sommes confrontés à deux rythmes différents d'évolution : le court terme et le long terme. Ainsi, lorsque HENDRY interpelle GRANGER sur ce mécanisme d'équilibrage (à la suite du papier sur les régressions fallacieuses de 1974), ce dernier est sceptique. Il refuse l'idée que des variables qui suivent une évolution divergente (non stationnaire) dans le court terme puissent avoir **ensemble** un comportement stable (stable) **dans le long terme**.

Aujourd'hui, la cointégration est devenue une étape indispensable dans l'analyse des séries temporelles et dans l'exercice des politiques publiques.

La modélisation VAR
(SIMS, 1980)

Cette notion met en relief les **interactions de court terme** entre les variables d'un système. L'idée avait été ébauchée dès 1950 dans les travaux de QUENOUILLE. Lorsque SIMS s'intéresse aux interrelations de court terme dans les systèmes macroéconomiques, son idée est qu'on ne peut pas faire abstraction de ces dynamiques en macroéconomie. Ces dynamiques de court terme pointent des interférences entre les différents agrégats macroéconomiques qui viennent altérer toute mesure de politique économique.

La modélisation VAR considère un ensemble de variables sélectionnées de façon cohérente avec la problématique étudiée. Ces variables sont analysées uniquement d'après leur dynamique de court terme (les variables devront être stationnarisées, si elles ne le sont pas, avant l'étape de modélisation). Elles sont réunies dans un système fermé où chacune sera tour à tour expliquée par les (n-1) autres variables et explicatives du reste du système – le modèle est donc composé d'autant d'équations que de variables retenues dans le système.

Le modèle est temporel, c'est-à-dire que chaque variable sera expliquée par son propre passé et celui des (n-1) autres variables. Cette dimension temporelle permet de repérer les interactions au cours du temps entre les différentes variables au-delà des interactions contemporaines. L'estimation d'un modèle VAR produit ainsi tout un ensemble de coefficients à toutes les périodes et entre toutes les variables. Ces coefficients sont dynamiques et permettent, dans une étape ultérieure, de définir l'impact des interactions au cours du temps. Ainsi, il se peut qu'une variable X ait une influence sur une variable Y pendant quatre périodes, mais pas au-delà. La valeur des coefficients dynamiques entre ces deux variables indiquera l'intensité de la relation et son évolution au cours du temps. Ces informations sont exploitées à partir des « fonction de réponse impulsionnelle ». Elles permettent de comprendre l'incidence des politiques économiques, leur « dosage » et leur durée.

La modélisation ARCH
(ENGLE, 1982)

La critique portée à l'économétrie des séries temporelles était de ne pas prendre en compte le rôle des anticipations des agents (LUCAS, 1972 et 1976). Ainsi, la question que les économistes pouvaient se poser était entre autres choses « Comment prévoir correctement les grands agrégats économiques si on n'intègre pas les comportements adaptatifs des agents économiques, notamment ceux induits par les mouvements de l'inflation ? »

Cette question renvoie à une violation des hypothèses fondamentales de la modélisation économétrique, à savoir que le résidu de l'équation ne doit plus contenir d'information substantielle pour la compréhension du phénomène étudié – ce que l'on nomme « hypothèse homoscedasticité ».

L'idée de ENGLE est alors d'exploiter la série résiduelle du modèle de sorte à vérifier s'il existe ou non d'autres comportements **mais corrélés** avec l'information globale du modèle au cours du temps. Les processus d'anticipation produisent des effets non contemporains : les agents doivent d'abord prendre conscience d'une modification de leur environnement avant de l'intégrer dans leur comportement.

Pour repérer ces mécanismes d'anticipations et en mesurer leurs effets, ENGLE propose de modéliser à son tour la série résiduelle pour vérifier si elle contient une information particulière structurée dans le temps mais en lien avec le phénomène observé.

Aujourd'hui, ces modèles ARCH sont largement utilisés en finance afin de repérer des comportements marginaux mais informatifs des modes d'anticipation des agents sur les marchés.

L'exogénéité

(RICHARD, 1977 ; RICHARD ET HENDRY, 1980 ; RICHARD, HENDRY ET ENGLE, 1983)

La notion d'exogénéité fait référence à l'information conditionnelle à l'environnement infini d'un phénomène observé. Ainsi, lorsqu'on étudie un phénomène particulier en sciences sociales, on ne peut faire abstraction des relations indirectes existant entre les variables sélectionnées et le « reste du monde social ». Si, par exemple, nous observons les fluctuations du prix du riz au Cameroun à partir du prix du riz international, du niveau des importations, de celui de la production locale et de la consommation, nous ne pouvons faire abstraction :

- des périodes de fêtes locales au cours desquelles un seul type de riz est consommé,
- des relations politiques entre le gouvernement et ses fonctionnaires auxquels on doit toujours proposer un certain type de riz sans rupture de stock,
- des phénomènes ethnographiques qui génèrent des préférences pour tel type de riz selon le groupe socio-culturel auquel on appartient.
- etc.

Ces particularités relatives à l'environnement du phénomène étudié existent et produisent une structure imbriquée complexe de l'information. Elles ne sont cependant pas directement intégrées dans le modèle temporel qui est borné à quelques variables.

La notion d'exogénéité représente toute l'information existante au-delà du phénomène observé et dont on ne peut pas tenir compte dans la modélisation (principe de conditionnalité). Au plan économétrique, cela signifie que les coefficients de corrélation entre les variables ne sont pas exacts par rapport à la réalité : ils reproduisent de fait une corrélation tronquée (puisqu'on ne regarde que quelques variables) mais sont calculés **conditionnellement** à une partie de l'information environnementale (indirecte) diluée et donc basculée dans le terme d'erreur, l'aléa. Il y a un dysfonctionnement au plan mathématique entre la conditionnalité de l'information existante et l'information utilisée dans la modélisation. Cette conditionnalité apparaît dans toutes les temporalités du phénomène, crée des distorsions dans l'estimation des coefficients des modèles. Elle est pourtant purement causale et indispensable.

L'exogénéité, si elle paraît évidente, n'a jamais été admise par la majorité des économètres (notamment les Nord-Américains) qui considéraient que l'exogénéité devait simplement se traduire par un manque de corrélation mais en aucun cas par un lien conditionnel à l'environnement.

RICHARD a développé le premier le concept d'exogénéité en 1977 sans attirer le moindre intérêt de la communauté internationale. Il reprendra ces travaux avec HENDRY tout d'abord en 1981, puis avec HENDRY et ENGLE (1983).

Par la suite, HENDRY poursuivra ses recherches sur l'exogénéité en définissant la notion de « encompassing relationship » ou relation englobante (1995) qui l'amènera à proposer une autre forme de raisonnement économique et œuvrer pour le développement du *New Economic Thinking* à l'Oxford Martin School notamment.

LA CRISE DU PETROLE : LA FIN DE L'EQUILIBRE GENERAL (OU LA RUPTURE PARADIGMATIQUE) ?

Pour comprendre l'évolution – la mutation – de l'économétrie des séries temporelles entre 1974 et 1982, il est indispensable de rappeler le contexte économique de l'époque. L'objet de l'économétrie a toujours été de formaliser empiriquement la représentation économique du monde. Lorsqu'en 1974 l'économétrie des séries temporelles opère sa mutation, l'économie mondiale vient de subir une crise inédite, un choc planétaire qui modifiera définitivement l'organisation géopolitique entre l'Occident et le reste du monde.

Depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale et jusqu'au début des années 1970, le monde économique vit une période d'expansion et de croissance unique au cours du XXe siècle, ce que FOURASTIE (1979) a appelé « les Trente Glorieuses ». L'après-guerre se traduit par une reconstruction des infrastructures et des relations économiques au sens large. Les économies occidentales sont en pleine expansion, les taux de croissance attestent d'un développement économique florissant. L'économétrie est structurelle et épouse le paradigme économique par les maquettes keynésiennes. L'équilibre général semble s'imposer au monde, la croissance économique est la preuve d'un monde en expansion qui confirme l'idéologie libérale, le paradigme néo-classique.

Cependant, en 1973 le monde vit un bouleversement sans précédent : les pays de l'OPEP décident d'augmenter conséquemment le prix du baril de pétrole, remettant en cause les déterminants de la croissance économique. Le poids de la facture énergétique, indispensable à la croissance industrielle, vient peser considérablement sur les rouages économiques. Les pays occidentaux sont déstabilisés, la mécanique économique est grippée. Après la vague de croissance expansionniste des Trente Glorieuses, le monde occidental est soudain en proie à des dysfonctionnements qui touchent en profondeur l'organisation économique. L'Occident se réveille brusquement dans un univers en déséquilibre...

Les conséquences pour la théorie économique

Le premier choc pétrolier de 1973 bat en brèche la théorie néo-classique de l'équilibre général. Tout à coup, les déterminants économiques subissent des sauts, des déplacements, non anticipés par la théorie. Le mouvement à la hausse du prix du pétrole s'apparente à une contrainte de l'offre qui devient le *côté court* du marché. Les économies occidentales sont soudainement contraintes exogènement par une domination économique des pays de l'OPEP. Ce caractère exogène de la contrainte induit une situation inédite dans l'économie mondiale, l'Occident prend conscience qu'il peut ne pas dominer l'économie mondiale... Cette configuration d'exogénéité n'est pas inscrite dans les canons de la théorie économique (COT & LALLEMENT, 2006). Les mécanismes de retour à l'équilibre prônés par la théorie ne peuvent plus fonctionner. Le paradigme néo-classique semble dépassé, en crise tout du moins. L'hypothèse de fluidité des marchés – par le jeu de la concurrence pure et parfaite s'entend – n'est plus d'actualité : l'extérieur bloque la mécanique économique. La politique prend le pas

sur l'économique. Les représentations scholastiques des mécanismes économiques ne sont plus la norme. Les fondements du paradigme économique sont ébranlés. Le monde prend soudain conscience du déséquilibre là où seul l'équilibre avait force de loi.

La stabilité du monde économique est lourdement remise en cause ; comme préambule à la crise pétrolière nous devons également prendre en compte le retrait progressif des Américains dans la Guerre du Viêt Nam à partir de 1969, puis la chute du système de Bretton Woods en 1971 (NIXON suspend la convertibilité-or du dollar américain le 15 août). L'affaiblissement des ressources monétaires des États-Unis est lourdement affecté par l'offensive économique des pays de l'OPEP en 1973. Personne n'a pu anticiper une telle déstabilisation de l'équilibre économique mondial. L'Occident doit affronter la plus grande crise de son histoire. La théorie économique est prise en défaut. Les économistes de la *Cowles* – les maîtres de la prévision – sont impuissants.

Les conséquences pour la théorie économétrique

Le premier choc pétrolier de 1973 a eu de lourdes conséquences en économétrie. Depuis la constitution de l'*Econometric Society*, qui inscrit la discipline comme science, l'économétrie s'est développée en cohérence avec la théorie économique, soit selon le paradigme néo-classique. Les modèles représentatifs de l'économie sont des maquettes d'inspiration keynésienne qui s'appliquent à reproduire les mécanismes d'équilibre. Cependant, cet équilibre, érigé en paradigme de la science économique, n'a jamais été qu'une quête de la part des économistes qui désiraient s'appuyer sur une stabilité du monde économique. Cette stabilité est plus facile à ériger parce qu'elle permet de raisonner en termes de stationnarité, seul cadre d'analyse pour les mathématiciens du XXe siècle. Mais, comme nous le verrons, beaucoup de connaissances se sont perdues avec la Seconde Guerre Mondiale. Par conséquent, la période faste des Trente Glorieuses a aveuglé le raisonnement mathématique qui s'est concentré sur les notions de stabilité et de stationnarité du monde. Telle était la position dominante de l'économétrie à la veille du premier choc pétrolier. Cependant, les prévisions issues des modèles économétriques s'écartaient déjà de la réalité économique, dans ses bouleversements depuis la fin des années 1960.

David F. HENDRY est certainement l'une des personnes qui a le plus œuvré pour *extraire* l'économétrie de cette illusion économique. Dès 1969 il construit des modèles de prévision de l'économie britannique pour les besoins de sa thèse d'économétrie sous la direction de SARGAN (MEURIOT, 2012a). La Grande-Bretagne ayant connu des secousses dès 1968, les modèles de HENDRY conduisent invariablement à des prévisions fausses, voire complètement inversées. Voici les propos de HENDRY⁵⁴ à ce sujet :

« Quand j'ai commencé mon premier modèle en 1969, c'était le monde dans lequel je vivais, celui qu'on m'avait enseigné et donc il était naturel pour moi. J'ai fait des prévisions sur les dépenses des consommateurs. Le modèle intégrait la meilleure économie, la meilleure économétrie, les meilleures données, mais les prévisions étaient horriblement mauvaises. Et

⁵⁴ David F. HENDRY m'a accordé une interview le 8 juillet 2014 à Aix-en-Provence lors de sa venue pour l'*Econometrics Summer School* organisée à l'IAE d'Aix-Marseille (6 au 12 juillet 2014).

je me suis demandé pourquoi elles étaient fausses. C'était un réel choc pour moi : là où la prévision aurait dû être en haut, elle était en bas et inversement. C'était un vrai choc. J'ai alors compris qu'il y avait simplement quelque chose qui était faux par rapport à ce qu'on m'avait enseigné, comme dans tout ce que j'avais lu dans *Econometrica* : le meilleur modèle avec les meilleures données. Et je ne pouvais faire aucune prévision. Que se passait-il ? J'ai compris que les interventions gouvernementales venaient perturber les prévisions, notamment les annonces gouvernementales du premier trimestre 1968 où les consommateurs étaient censés continuer à dépenser alors que les taxes avaient été considérablement augmentées⁵⁵. Donc les prévisions de mon modèle, qui n'avait pas intégré ces annonces gouvernementales, étaient complètement inversées prévoyant une hausse de la consommation quand il se produisait un crash, etc.

Mais il y a une chose qui était fautive dans l'enseignement que j'ai reçu, à savoir que l'assertion sur le comportement [des agents] était fautive. Donc cela m'a donné une nouvelle piste de réflexion sur notre façon de faire. Ainsi, la question était « de quels concepts avons-nous besoin pour modéliser ? » J'ai écrit une première version de mon livre *Dynamic Econometrics* que j'ai terminé en 1972. Et en 1973 je l'ai jetée... J'ai réalisé que ce que j'écrivais était complètement faux et ne représentait pas ce qui était arrivé dans la réalité économique, notamment après les événements de 1968. Nous devons reconfigurer les modèles. Heureusement qu'il y avait des personnes compétentes à la *London School of Economics* : Sargan, Gorman, Morishima, avec lesquels on pouvait discuter des questions et des problèmes économétriques. Mais je pense que nous devons construire une nouvelle vision, construire de nouveaux concepts sur la congruence, l'englobement⁵⁶... Je recherchais un nouveau cadre pour faire de la modélisation empirique. Mais nous devons nous battre avec les économistes : ils ne connaissaient pas la vérité, et l'économétrie pouvait leur apprendre beaucoup sur le monde et non seulement quelle valeur devait avoir l'élasticité-prix à un point du temps, etc. Ils n'aimaient pas l'idée que les données puissent leur dire quelque chose. Ils connaissaient les réponses, les données étaient juste là pour produire des nombres. La LSE a adopté cette perception avec Lionel Robbins : l'économie est la vérité, tandis que l'économétrie est passagère. Ils n'avaient aucun esprit critique envers l'économie, seulement envers l'économétrie. Mais comprendre pourquoi les modèles se déplaçaient de telle façon, ça ne leur parlait pas vraiment. »

On réalise alors que le monde n'est ni stable ni stationnaire... mais en déséquilibre permanent. S'appuyant sur une pensée de KEYNES selon laquelle la meilleure économie que l'on puisse faire est de comprendre les déplacements d'un orage (sachant qu'il n'est pas facile de négocier avec l'orage), HENDRY résume la situation au début des années 1970 ainsi⁵⁷ :

« Tous les concepts d'équilibre étaient remis en question. Quand l'économie n'est plus en équilibre, vous avez besoin de modèles de déséquilibre. Et l'économie est tout le temps en déséquilibre. [...] Nous générons de [la non-stationnarité] par les structures de l'économie. Nous n'avons pas à l'assumer, elle est créée par le fonctionnement de l'économie, par la condition de rang réduit [c'est-à-dire par les politiques publiques qui tentent d'harmoniser

⁵⁵ Cet épisode conduira à la rébellion étudiante devant la Bourse de Londres en 1968.

⁵⁶ Il s'agit du terme « encompassing » utilisé par HENDRY dans « encompassing relationship », soit la « relation englobante ». D'où ici ma traduction « englobement ». Pour en avoir discuté avec lui, cette formulation lui semble correcte et représentative de l'expression anglaise.

⁵⁷ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

les agrégats économiques]. C'était une énorme avancée, on réalisait qu'on créait des séries temporelles non stationnaires, c'était un message. Et la cointégration en était la conséquence lorsque l'économie allait dans une seule direction. Et tous les concepts majeurs tels que l'espace de cointégration, le modèle englobant, la correction des erreurs à l'équilibre, la cointégration mathématique, etc. n'étaient pas simplement un déplacement, mais une rupture épistémologique. »

L'économétrie classique n'était donc plus adaptée à la nouvelle configuration du monde. La prééminence de déséquilibres ne pouvait être correctement appréhendée par cette économétrie. Seule l'analyse dynamique pouvait le faire. Ainsi, les séries temporelles constituaient la seule voie capable d'accomplir ce type d'analyses : l'analyse dans le temps, l'analyse dynamique entre les différents agrégats économiques...

HENDRY, qui a beaucoup étudié l'histoire économique et économétrique, affirme que⁵⁸ :

« Gérard Debreu, Frank Ahn, Kenneth Arrow, savaient en développant leur théorie de l'équilibre général qu'elle ne décrivait pas le monde. Mais ce n'était pas ce qu'ils essayaient de démontrer. Ce qu'il essayait de faire était de résoudre le puzzle : s'il y avait un équilibre avec un marché complet, et si tout le monde était rationnel, **alors on pourrait avoir un équilibre** ! Ils disaient simplement que parfois ça peut être stable. Mais ils ne prétendaient pas que c'était la façon dont le monde fonctionne. Et les nouvelles générations ont compris « Ah ! C'est comme ça que le monde fonctionne ! ». C'est parfaitement stupide ! Alors ils regardent la dynamique, parce que le monde est dynamique. Mais pas la dynamique non stationnaire, seulement la dynamique stationnaire. Ils utilisent le modèle DSGE, et lorsqu'ils obtiennent un $R^2=0.99$, alors ils concluent que c'est stable. **C'est vraiment surprenant, mais je pense que c'est politiquement dirigé, et non pas économiquement dirigé.** Et je ne comprends pas la position du Tea party, par exemple, qui m'a dérouté parce qu'ils ne voyaient pas le monde tel qu'il était. Ils pensaient un monde imaginaire. En tout cas, ce n'est pas le mien, je ne comprends pas leur monde. »

Ainsi, le choc pétrolier de 1973 est venu mettre un terme à la stabilité économique d'un monde bercé par les Trente Glorieuses. Ce tournant historique marque la fin d'une vision de l'économie et d'une façon de *faire* l'économétrie. La théorie économique ne répond plus aux questions des économistes et de la société. L'acuité de la crise du pétrole entraîne le monde dans un espace inconnu. Les sociétés sont conduites vers de nouvelles normes économiques. La politique doit adapter sa rhétorique... Autant de bouleversements qui vont pousser l'économétrie, comme science empirique, à évoluer vers plus de réalisme. Si, pour l'économie, il s'agit d'un simple déplacement du cadre d'analyse, nous assistons à un changement paradigmatique dans l'économétrie initié par les séries temporelles. Réaliser que le monde n'est ni stable ni stationnaire induit une modification complète de la discipline. Les raisonnements dominants jusque-là ne s'inscrivent que dans un univers stable. Les travaux de la Cowles, l'économétrie structurelle dominante qu'ils érigent en dogme, sont incapables d'intégrer la non-stationnarité dynamique, celle qui s'installe dès le début des années 1970. Les économistes – surtout les Nord-Américains – tenteront de défendre la théorie de

⁵⁸ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

l'équilibre général avec LUCAS notamment qui propose quelques ajustements au paradigme et devient le chef de file de la « nouvelle économie classique » (MEURIOT, 2015b). Quelques courants regroupés sous l'appellation d' « économie hétérodoxe » tenteront de contourner le paradigme néo-classique mis en échec sans toutefois parvenir à le renverser complètement (MEURIOT, 2014). Mais l'empirisme de l'économétrie oriente la discipline *ipso facto* vers un nouveau champ, les séries temporelles, seul capable d'épouser les contours de la non-stationnarité dynamique.

2.5.1. *Le microcosme : parcours, relations humaines, influences scientifiques*

Le champ scientifique des séries temporelles entre 1974 et 1982 est géographiquement bipolaire, réunissant des scientifiques de Grande-Bretagne et des États-Unis. Quelques Européens se grefferont à ce courant *via* l'Angleterre et la LSE (le Luxembourgeois Jean-François RICHARD, le Danois Søren JOHANSEN et son épouse la Suédoise katarina JUSELIUS, le Français Jean-Pierre FLORENS et le Belge Michel MOUCHART).

Trois scientifiques ont influencé les débats et orienté l'économétrie vers les séries temporelles : le Gallois Clive GRANGER, l'Américain Robert ENGLE et l'Anglais David HENDRY, auxquels on associera, pour la période d'étude (1974 – 1982) l'Américain Christopher SIMS qui a favorisé des rencontres entre les fondateurs. Cependant, contrairement à GRANGER, ENGLE et HENDRY, SIMS est un macroéconomiste d'obédience monétariste en poste au NBER. Ce point est non négligeable dans le champ scientifique des séries temporelles car il positionne SIMS en marge du courant. Bien que promoteur du concept de causalité de GRANGER (1969) dès 1972, puis *[re]découvreur*⁵⁹ des modèles Vectoriels AutoRégressifs (VAR) en 1982, Christopher SIMS est toujours resté dans une logique monétariste alors que les autres protagonistes souhaitaient élargir le domaine vers une représentation plus adéquate de l'économie, sans autre considération idéologique ou scholastique.

LES PIONNIERS DE LA DISCIPLINE

Clive GRANGER, Robert ENGLE et David HENDRY ont des personnalités et des parcours singuliers. J'ai largement développé ce thème dans mon livre (MEURIOT, 2012a). Je ne retiendrai ici que les éléments les plus saillants et les plus informatifs pour le travail

⁵⁹ Les modèles VAR ont été développés bien avant les travaux de SIMS (1982). Comme nous l'a confié HENDRY : « Sims n'était absolument pas au courant que les VAR, ainsi que les VAR en moyenne mobile (les VARMA) avaient été inventés en Grande-Bretagne en 1950 par le Français Quenouille (*Introductory Statistics*, 1950). Le livre de Quenouille contenait de nombreuses analyses de séries temporelles. Mais son livre a été peu diffusé et certainement jamais vendu aux USA. Sargan a également publié sur les VAR avant 1982 ainsi que moi dans ma thèse (1970) qui utilisait les VAR comme base dans les années 1960. Mais Sims a toujours pensé qu'il avait inventé les VAR dans le milieu des années 1970. Et il a été horrifié par ma visite aux USA. Comme la plupart des Nord-Américains, il ne connaissait pas l'histoire. »

sociologique. Ainsi, je broserai un rapide *portrait* de chacun afin de mieux comprendre comment et pourquoi ils ont induit l'évolution fulgurante de la discipline entre 1974 et 1982.

Sir Clive GRANGER : un homme libre, simple et passionné (1934-2009)

Sir Clive W.J. GRANGER a profondément marqué l'évolution de l'économétrie dès la fin des années 1960. Il a apporté des concepts majeurs à la discipline en l'orientant vers le développement des séries temporelles que nous qualifierons de *modernes*. Sa passion pour cette économétrie lui aura permis d'évoluer librement tout en respectant les dogmes académiques, notamment la publication dans les revues telles que *Econometrica* et le jugement par les pairs. Doté d'une personnalité atypique, c'est lui qui initie cette économétrie et l'introduit aux États-Unis. Consacré au rang de sommité par ses pairs à l'âge de soixante-neuf ans⁶⁰, Clive GRANGER continue d'inspirer et d'impressionner la discipline. Quelles que soient les formes de communications – articles, interviews, conférences... – son empreinte est manifeste.

Pourtant, les débuts de sa carrière universitaire n'ont rien d'évident. Son cursus en mathématiques à l'université de Nottingham, en Angleterre, ne le satisfait pas. Il voudrait faire des mathématiques appliquées à l'économie, mais l'université ne propose pas cette formation dans les années 1950. Et puis ses professeurs voient en lui un bon mathématicien ; ils lui conseillent donc d'engager une thèse en statistiques, ce qu'il fera sous la direction de Harry Raymond PITT : « Testing for non stationarity » qu'il soutient en 1959. Il s'oriente déjà à cette époque vers les séries temporelles parce qu'elles sont le moyen d'associer mathématiques et économie :

« La raison pour laquelle j'ai d'abord travaillé sur l'analyse des séries temporelles était que j'avais décidé de faire un Ph.D. dans le domaine des statistiques pour l'économie. Comme je savais seulement que la plupart des données économiques étaient des séries temporelles au milieu des années 1950, je suis allé à la bibliothèque où il n'y avait qu'un seul livre sur les séries temporelles économiques. C'était celui de H.T. Davis, *A Course on Economic Time Series*. C'était un livre de la Cowles Commission. De ce fait, comme c'était le seul livre, j'ai su que je pourrais faire quelque chose, puisque le champ était grand ouvert. Davis avait écrit en 1942, ou environ, au début des années 1940. C'est pourquoi j'ai choisi d'étudier le domaine des séries temporelles économiques. »⁶¹ (PHILLIPS, 1997, p. 286)

La même année, il obtient une bourse d'étude du Commonwealth (*Harkness Fellow*) qui lui permet de rejoindre le laboratoire de MORGENSTERN à Princeton (États-Unis) pour travailler

⁶⁰ GRANGER a reçu le prix Nobel d'économie en 2003 pour ses travaux sur la cointégration, la même année que ENGLE pour ses travaux sur les modèles ARCH. Il s'agit de deux prix distincts et non d'un prix partagé.

⁶¹ "The reason I first did work in time series analysis was that I had decided to do a Ph.D. in the area of statistics that was going to be relevant for economics. As I knew just enough that most economic data was time series back in the mid-1950's, I went to the library and there was only one book there on economic time series. This was by H.T. Davis, *A Course on Economic Times Series*. It is a Cowles Commission book. From this fact, that this was the only book, I knew that there must be something that I could do, as it seemed to be a wide open field. Davis had written in 1942 or thereabouts, the early 1940's. That was why I choose the area of economic time series to study."

sur les séries temporelles. Même si le projet de recherche de MORGENSTERN *n'existe pas* en tant que tel mais se décline en un vague travail sur les méthodes de FOURIER, c'est au cours de cette année *post-doctorale* que GRANGER oriente définitivement sa carrière scientifique. Bien qu'il ne reste qu'une année à Princeton, il prend goût à l'émulation scientifique à l'américaine :

« À Nottingham j'étais la seule personne – le seul statisticien ou économètre – donc il n'y avait presque personne avec qui parler. Je pouvais faire mon travail, lire, etc., mais à Princeton il y avait des douzaines de personnes avec qui parler. David Brillinger était là à cette époque, de même que bon nombre d'économètres très réputés, quelques étudiants de Tukey, tous aussi intéressants, autant que le corps enseignant, comme Dick Quandt. Il y avait beaucoup de gens, y compris les théoriciens des jeux. »⁶² (PHILLIPS, 1997, p. 261)

De retour en Angleterre en 1960, GRANGER obtient un poste de professeur en mathématiques à l'université de Nottingham. Mais la recherche économétrique britannique se passe à Londres, à la *London School of Economics* ; GRANGER ne se sentira jamais *accepté* par cette université. Il y présentera notamment en séminaire des travaux préliminaires aux régressions fallacieuses qui seront déboutés par le corps enseignant (MEURIOT, 2015b). Cette recherche aurait-elle été rejetée parce que trop révolutionnaire ?

« Je me rappelle un exemple où Paul Newbold et moi avons effectué un travail sur les régressions fallacieuses, une étude Monte Carlo, et je l'ai exposé à la LSE. Il a rencontré une totale incrédulité. Leur réaction était que nous devions avoir mal fait la simulation Monte Carlo – nous devions avoir mal programmé. Je pense que si j'avais fait partie du groupe de la LSE, ils m'auraient persuadé à ce moment-là d'abandonner cette recherche. »⁶³ (PHILLIPS 1997, p. 262)

Puis vient le temps de l'ennui. Après avoir fait ses études à Nottingham, il y revient comme professeur. Les tâches administratives occupent un espace conséquent, la recherche en pâtit.

« À ce moment-là, je commençais à m'ennuyer en Angleterre pour différentes raisons. J'avais été à la même université, Nottingham, pendant toute ma carrière. J'avais fait toutes mes études et j'étais devenu professeur dans la même université, ce qui n'est vraiment pas une bonne idée, je pense. Mis à part Princeton, j'avais évolué dans une totale consanguinité. »⁶⁴ (PHILLIPS, 1997, p. 262)

⁶² “At Nottingham I was the only person—the only statistician or econometrician there—and so there was almost no one to talk to. I could do my own work, and read and so on, but at Princeton there were just dozens of people to talk to. David Brillinger was there at that time, as were a number of really good econometricians, some students of Tukey, all of whom were worthwhile for me to interact with, as well as faculty, like Dick Quandt. There were many people around, including the game theorists.

⁶³ I remember one instance where Paul Newbold and I had done some work on spurious regression, a Monte Carlo study, and I gave a talk about it at the LSE. It was met with total disbelief. Their reaction was that we must have gotten the Monte Carlo wrong—we must have done the programming incorrectly. I feel that if I had been part of the LSE group, they might well have persuaded me not to have done that research at that point.

⁶⁴ At that time, I was getting rather fed up with England for various reasons. I had been at the same university at Nottingham for all my career. I had been an undergraduate and a graduate and had stayed on up to full professor

En 1974, il est appelé par un ancien collègue devenu chef de département à l'Université de Californie San Diego (UCSD). Il saisit l'opportunité de changer d'univers scientifique – sans doute avait-il gardé une certaine nostalgie de l'émulation scientifique qu'il avait connu à Princeton. Il fera toute la suite de sa carrière de scientifique à San Diego, en Californie.

Bien que lauréat du prix Nobel d'économie en 2003, GRANGER est toujours resté fidèle à lui-même, sans ostentation aucune, toujours disponible pour ses collègues, ses étudiants et l'ensemble des économètres du monde entier. Il a toujours refusé le rôle de *leader*. Le consensus s'accorde sur la simplicité de l'individu. Pourtant, les occasions ont été nombreuses pour lui de prendre les rênes de la discipline. Lorsqu'il travaillait en collaboration, il cosignait systématiquement les publications. Ainsi, en 1987 le papier sur la cointégration est finalement publié dans la revue *Econometrica* ; GRANGER en a soumis plusieurs versions qui lui ont été retournées car jugées trop simplistes par les pairs – c'est pourtant ce concept qui consacrera l'œuvre de GRANGER (MEURIOT, 2012a). Mais dans la version de 1987, GRANGER s'est adjoint la collaboration de ENGLE (son collègue à San Diego) et le papier est finalement publié sous « ENGLE & GRANGER ».

GRANGER est resté toute sa vie attentif aux recherches d'autrui. Il était curieux, mais surtout passionné par le lien entre économétrie et théorie économique, ce lien qui lui a manqué pendant ses études à Nottingham et l'a frustré pendant de nombreuses années. Sa seule motivation a été de mettre l'économétrie au service de l'économie, en-dehors de toute considération politique ou scholastique. Aussi m'écrivait-il en post-scriptum dans un mail le 25 février 2008 :

« P.S. : Je n'ai jamais été en relation avec la Cowles ni avec le NBER parce qu'ils n'accordaient pas beaucoup d'intérêt aux séries temporelles. Concrètement, nous avons construit notre propre école en développant la causalité, la cointégration, les ARCH, la mémoire longue, etc. »

post-scriptum extrait du message complet :

in the same university, which is really not that good of an idea, I think. If it were not for Princeton, I would have been totally inbred.”

The following is from Prof. Sir Clive W.J. Granger:

Dear Veronique,

Thank you for your request.

I entered the field of causality in a very naïve way, not realizing what a controversial field it is. In 1959/60 I was a Harkness Fellow at Princeton University and was being taught spectral analysis by John Tukey who had just developed the bivariate form called cross-spectrum. Michio Hatanaka and I decided to write up our results as a book. In doing this we needed to describe the two-way relationship $X \leftrightarrow Y$ into a pair of one-way relationships $X \rightarrow Y$ and $Y \rightarrow X$. For this I needed a concept of causality within a stochastic framework. I found that the famous mathematician Norbert Wiener had a chapter in a book that included a possibly useful definition. I took this idea and simplified it giving it some structure so that a test could be formed. This produced my first paper on causality which Chris Sims picked up and applied to an important economics question about changes in money supply and in price changes (i.e., inflation). His results were controversial.

His critics would claim that he was not using a “real definition of causality but only Granger causality” and my name became famous. I wrote these critics asking for a definition of “real causality” but never received a reply.

Since those early years the definition has been refined somewhat and better tests found but the basic ideas stay the same. Y_t can be considered a G-cause of X_{t+1} if Y_t precedes X_{t+1} and if it contains information that is helpful for forecasting X_{t+1} , whatever other information is used.

I hope this is useful. Please let me know if I can supply anything else.

Yours sincerely,

Sir Clive W.J. Granger

Nobel Laureate

Professor Emeritus

P.S. I was never connected to Cowles or to the NBER as neither paid much attention to time series. In practice we have built up our own school developing causality, cointegration, ARCH, long-memory, etc.

Jusqu’au milieu des années 1970, GRANGER est pourtant l’auteur de deux concepts majeurs en séries temporelles : la causalité en 1969, et les régressions fallacieuses (*spurious regressions*) en 1974 en collaboration avec NEWBOLD⁶⁵. Dès lors, GRANGER orientera toutes ses recherches

⁶⁵ Le concept de causalité de GRANGER est fortement décrié par les philosophes notamment qui n’acceptent pas la définition réductrice (statistique ?) de GRANGER. Pourtant, il n’a fait qu’adapter le concept du mathématicien

dans une seule direction : la mémoire des séries. Ce thème devient la colonne vertébrale de l'économétrie des séries temporelles moderne. Tous les développements de la discipline à venir intégreront cette dimension. Pourtant, GRANGER n'impose jamais ses idées. Il participe volontiers à des colloques, est souvent invité comme professeur dans les universités du monde entier pour discuter avec les grands économètres. Il ne se considère jamais comme supérieur aux autres. En atteste ces quelques confidences faites à PHILLIPS en 1997 (p. 287) :

« Je vis très près du campus, mais j'y vais en voiture. Je me mets au travail assez tôt, vers huit heures habituellement, et j'effectue mon meilleur travail le matin sur le campus. Je suis plus éveillé les matins que les après-midis. Je fais toujours une sieste après le déjeuner, d'une demi-heure, quelque chose encore que j'ai appris d'Oscar Morgenstern. L'après-midi, je fais habituellement du travail de bureau ou administratif, faire ce que j'ai à faire. Et j'essaie de garder une heure pour faire de l'exercice, ainsi je fais une promenade en hiver au parc ou sur la plage. En été, je fais du body surf, pas tous les jours, mais la plupart du temps. En soirée je fais deux heures de référé ou bien je lis des choses ou des papiers que des gens m'ont donnés, pas de travail profond, mais des choses que je dois faire. J'ai pour habitude de ne jamais travailler le samedi. J'estime que j'ai besoin d'un jour par semaine pendant lequel je ne pense à rien en lien avec l'université. Le dimanche, je n'ai pas vraiment de programme établi. Je fais souvent des choses le dimanche, mais je travaille habituellement à la maison. »⁶⁶

Il existe aujourd'hui le *Granger Centre for time series econometrics* à l'université de Nottingham. De nombreux hommages lui ont été rendus après son décès survenu le 27 mai 2009 comme en témoigne la page que lui a dédié l'université de San Diego (<http://economics.ucsd.edu/facres/inmemoriam/grangerclive/>).

Robert ENGLE : de la physique à l'économie (1942-)

Robert ENGLE suit des études en physique à l'université de Cornell (New York). Mais, à l'instar de GRANGER, ses études ne le satisfont pas pleinement. Il souhaite se rendre plus utile à la société (DIELBOLD, 2003, p. 1161) et décide de s'orienter en thèse vers l'économie. Il rencontre le directeur du département d'économie de l'université, Alfred Edward KAHN, pour connaître les possibilités d'une telle démarche. Une nouvelle fois une coïncidence heureuse pour l'avenir de la discipline opère : ENGLE a l'opportunité de bénéficier d'un désistement sur

WIENER (1956) à l'économie. C'est SIMS en 1972 qui rendra populaire le concept connu depuis comme « causalité au sens de Granger ».

⁶⁶ "I live very near campus, but I drive in. I go into work fairly early, by eight usually, and I do my best work in the morning on campus. I am more awake in the mornings than in the afternoons. I always have a rest after lunch, about half an hour, something again I learned from Oscar Morgenstern. In the afternoon, I usually do some sort of office work or administration, whatever I need to do. And I try to put an hour aside to do some sort of exercise, so I go for a walk in the winter in the park or on the beach. In summer, I body surf, not every day, but most days. In the evenings I do a couple of hours of refereeing or just reading things or papers that people have given me to look at, not deep work, but things that have to be done. I am in the habit of never working on a Saturday. I feel that I need one day a week that I do not think about anything academic. On Sundays, I do not have any real sort of regular agenda. I often do things on Sunday, but I usually work at home.

une bourse de thèse en économie. Il relate l'épisode dans son autobiographie écrite à l'occasion de son allocution pour le prix Nobel :

« Il m'[offrait cette bourse] à condition que je prenne une décision sur-le-champ sinon il l'offrait à quelqu'un d'autre. J'avais la tête qui tournait, j'ai accepté l'offre. Maintenant, je devais l'annoncer à mon père et au professeur Webb. Tous les deux me supportèrent dans mon choix mais le cœur gros. Mon père m'avait formé pour être un scientifique et maintenant je parlais pour l'une de ces sciences « molles ». À ce moment-là, ni lui ni moi n'avons réalisé combien cette formation scientifique serait importante dans mes contributions aux sciences économiques. »⁶⁷ [ENGLE, 2004, p. 4]

Il s'inscrit en thèse sous la direction de l'économètre chinois Ta Chung LIU, mais qui sera absent pendant la première année. ENGLE fait alors d'autres rencontres : Berndt STIGUM, John FEI, Jack KIEFER, Jacob WOLFOWITZ. Il comprend rapidement que ses connaissances en physique sont transposables à l'économétrie – en physique, il travaillait sur les super-conducteurs et donc la dynamique. Mais les mécanismes économiques s'avèrent plus sophistiqués et compliqués qu'il ne l'imaginait. LIU l'oriente alors vers le domaine des séries temporelles et de l'analyse spectrale, ce qui sera le premier contact de ENGLE avec les travaux de GRANGER. Après avoir obtenu son doctorat, en 1969, il se voit offrir un poste d'enseignant au MIT. Cependant, comme GRANGER, il s'y ennueie parce que les séries temporelles ne sont pas une préoccupation majeure dans cette université.

Ce n'est qu'en 1975 que ENGLE fera la connaissance de GRANGER, lors d'une conférence organisée par Arnold ZELLNER sur la saisonnalité. Comme il l'a fait auparavant pour intégrer l'économie, ENGLE s'adresse directement à GRANGER alors en poste à San Diego, et lui demande s'il y aurait des possibilités de recrutement dans son laboratoire. GRANGER lui répond simplement : « Oh, certainement. Venez ! ». La politique de recrutement à San Diego était extrêmement ouverte à l'époque et reposait sur les propositions des personnes en poste. De ce recrutement (et de la collaboration entre GRANGER et ENGLE) naîtront bon nombre de nouveaux concepts des séries temporelles.

Aujourd'hui, ENGLE a définitivement muté vers l'économétrie de la finance, promouvant la modélisation ARCH. Il enseigne à la *Stern School of Business* de l'université de New York, est directeur du *NYU Stern Volatility Institute* et président et co-fondateur de la *Society for Financial Econometrics* (SoFiE). Il est aussi chercheur associé au NBER, et le créateur d'une entreprise de consulting, *Principles, Robert F. Engle, Econometric Services*, à New York :

*A personal consulting company specializing in the application of econometric methods to financial and other business needs. Current work focuses on liquidity and trading in financial markets, risk measurement and management, derivatives pricing and hedging and a variety of volatility and correlation related research tasks. Presents many lectures every year to financial practitioners around the world on topics of current interest.*⁶⁸

⁶⁷ He offered it to me but said that I needed to make an immediate decision or they would offer it to someone else. My head spinning, I accepted the offer. Now, I had to tell my father and Professor Webb. Both were supportive but with heavy hearts. My father had trained me to be a scientist and now I was leaving for one of those "soft" science fields. At that point, neither he nor I realized how important all that scientific training would be in my contributions to economics."

⁶⁸ **Principle, Robert F. Engle, Econometric Services**, 8 Frederick St., Mahopac, NY 10541. 845-208-2028, englearch@netscape.net

Après la réception du prix Nobel en 2003, ENGLE s'est rapidement engagé dans diverses voies pour promouvoir ses recherches. Ce comportement tendant à diffuser et diversifier l'activité de recherche est fréquent chez un professeur nord-américain, sans doute à l'étroit dans son seul costume d'enseignant-chercheur.

Sir David F. HENDRY : de la théorie économique à la réalité économétrique (1944-)

David HENDRY est un pur économiste. Après quelques hésitations vers les sciences sociales – philosophie, psychologie, histoire, français – il se tourne définitivement vers l'économie au cours de sa deuxième année à l'université d'Aberdeen en Écosse après avoir lu l'ouvrage de SAMUELSON (*Economics: an introductory analysis*, 1961). Cependant, il souhaite apprendre l'économétrie et doit pour cela changer d'université. Il intègre donc la LSE en 1966 et obtient son MSc en économétrie l'année suivante. C'est là que le destin de HENDRY va se nouer : son premier cours d'économétrie lui est enseigné par Jim DURBIN, il suit les séminaires d'économie quantitative de SARGAN et (Bill) PHILLIPS ; il est au contact de ce qui se fait de mieux dans la discipline en Europe. Pourtant, HENDRY hésite encore entre économie et psychologie au moment de s'inscrire en thèse :

« Hendry était tout à la fois intéressé par l'économie et la psychologie, et après avoir lu George Katona – qui s'intéressait aux rapports entre la science économique et la psychologie, et cherchait à comprendre les phénomènes économiques depuis les comportements humains –, son projet était d'utiliser les facteurs psychologiques du comportement humain dans les modèles inter-temporels de maximisation de l'utilité. Le rôle des anticipations était alors relativement fruste, et de fait les modèles en découlant relativement remis en question. » [MEURIOT, 2012a, p. 110]

SARGAN est intéressé par la démarche de HENDRY et accepte de le diriger en thèse. SARGAN⁶⁹ l'encourage à travailler sur les systèmes dynamiques vectoriels autorégressifs⁷⁰, sur la notion d'« écart à l'équilibre ». Au cours de sa thèse, HENDRY entre dans l'univers des séries temporelles, dans l'univers dynamique de l'économie. Mais rapidement il comprend que les modèles qu'il construit ne produisent pas les prévisions attendues au regard de la théorie économique. En cherchant les réponses, il comprend que les modèles ne sont plus adaptés aux mutations récentes de l'économie. D'une part, les modèles ne peuvent produire de prévisions que sur la base du passé, d'autre part le monde est en prise à de nombreux chocs tant économiques que sociétaux : la rébellion des pays de l'OPEP contraint l'économie mondiale à adopter de nouveaux fonctionnements, la jeunesse américaine se rebelle contre la Guerre du Viêt Nam et attise le mouvement de la contre-culture, la jeunesse européenne emboîte le pas de la révolution (étudiante) de mai 1968 en France... HENDRY prend conscience que le monde

⁶⁹ Les travaux de SARGAN portaient sur ces mécanismes d'écart à l'équilibre, comment l'économie revenait au cours du temps à son état d'équilibre ; il travaillait avec PHILLIPS qui avait développé la théorie du contrôle.

⁷⁰ C'est cette antériorité des recherches qui existaient avant SARGAN qui conduira HENDRY à affirmer que SIMS n'est pas l'inventeur des modèles VAR.

n'est plus stable, que nous sommes entrés dans une période de non-stationnarité. Dès lors, tous ses travaux s'attacheront à développer l'économétrie des séries temporelles dans cet univers non stationnaire. Il consacrera une grande partie de ses travaux à l'étude de l'histoire de l'économie et de l'économétrie, ce qui orientera la discipline.

Après son doctorat, HENDRY sera recruté à la LSE dès 1971 – comme chargé de cours tout d'abord – puis partira à Oxford en 1982. À la LSE :

« J'ai enseigné l'option d'économétrie avancée pour le diplôme de premier cycle et la première année du MSc. C'était une période excitante parce que LSE était alors à l'avant-garde de la théorie économétrique et de ses applications. J'ai aussi enseigné la théorie du contrôle à partir des notes de cours de Bill Phillips et du livre de Peter Whittle (1963). »⁷¹
[ERICSSON, 2004, p. 751-752]

HENDRY s'est considérablement impliqué dans les affaires publiques en Grande-Bretagne, a travaillé inlassablement à prouver à Margaret THATCHER qu'elle se trompait dans ses décisions de politique publique. Il sera anobli par la reine Elizabeth II.

Aujourd'hui, HENDRY s'est totalement investi dans la *New Economic Thinking* dont il est l'un des fondateurs avec Søren JOHANSEN et Katarina JUSELIUS notamment. Il a créé un institut à l'université d'Oxford (*the Oxford Martin School*) pour promouvoir cette nouvelle façon de penser l'économie, cette « encompassing relationship » qui guide ses travaux depuis les années 1970. Cette ouverture de pensée est sans doute, comme nous allons le voir, la posture la plus révolutionnaire en économétrie.

Le courant du « New Economic Thinking »

Les dysfonctionnements de plus en plus saillants de la mondialisation, réalisée selon les préceptes de la pensée néo-libérale, ont amené certains économistes à proposer une nouvelle façon de penser l'économie, y compris dans les cursus d'enseignement universitaires. Cette initiative s'est traduite en 2012 par la création d'un institut au sein de l'université d'Oxford (Angleterre) : *the Oxford Martin School*, à l'initiative notamment de David HENDRY.

La philosophie du *New Economic Thinking* est fondée sur la multidisciplinarité (sciences sociales et sciences dures). Il s'agit de « repenser » le monde dans une veine humaniste, plus réaliste, et non plus dans une logique de profit à outrance – la crise financière mondiale de 2008 définissant une nouvelle étape dans l'accroissement des inégalités économiques. Mais cette recomposition de l'enseignement de l'économie doit passer par un élargissement disciplinaire, une multidisciplinarité ouverte autant sur les sciences sociales qu'exactes. Ainsi, sont mobilisées l'informatique, la physique, les mathématiques, la biologie, l'écologie, la psychologie, la sociologie, l'anthropologie, la science politique et la philosophie, à partir

⁷¹ “I taught the advanced econometrics option for the undergraduate degree, and the first year of the two-year MSc. It was an exciting time because LSE was then at the forefront of econometric theory and its applications. I also taught control theory based on Bill Phillips’s course notes and the book by Peter Whittle (1963).”

d'analyses quantitatives et non quantitatives, en conservant une place importante à la parfaite maîtrise de l'histoire économique.

L'objet du *New Economic Thinking* est de former les étudiants en économie à une compréhension et à un raisonnement plus ouvert sur la réalité du monde, au-delà de la théorie néo-classique. L'économie s'inscrit dans une dynamique complexe, en lien avec toutes les sphères de la vie sociale. Le rapport 2012-2014 de l'institut stipule (voir l'encadré) :

We also believe it is essential to change the way students are taught economics to ensure that the next generation of leaders is equipped with the most effective intellectual tools possible for the challenges they will face.



"We cannot solve problems by using the same kind of thinking we used when we created them."
Albert Einstein

Source : <http://www.inet.ox.ac.uk>

Les objectifs vont au-delà du système éducatif. Ainsi, peut-on lire :

« *Les chercheurs de l'Institut travaillent également en étroite collaboration avec les décideurs politiques, les dirigeants d'entreprise et la société civile afin d'apporter de nouvelles idées économiques dans les débats et la pratique.* »

Dans les programmes de l'Institut, sont abordés :

- la modélisation économique,
- la complexité de l'économie,
- l'emploi, l'équité, la croissance
- l'économie du développement durable,
- l'éthique et l'économie.

La recherche à l'Institut porte sur la dimension macroéconomique de l'économie :

- La stabilité du système financier : réfléchir à un système financier plus stable, moins en prise avec les chocs de l'économie et surtout qui prenne en considération « les objectifs sociétaux d'une croissance économique partagée ».
- Les inégalités économiques : les écarts de richesse se sont accrus depuis les années 1980, période de la mise en place de la mondialisation, y compris dans les pays développés, ce qui s'est traduit par une stagnation des revenus des classes moyennes et une diminution de la mobilité sociale. Quelles en sont les causes et quels pourraient être les remèdes ?
- La croissance économique et l'innovation : réfléchir à une théorie ascendante (bottom-up) de la croissance économique à partir du réseau de technologies qui permet de développer un réseau de capacités de production, tout en tenant compte des effets sur les inégalités et le développement durable.
- L'économie du développement durable : définir un nouveau modèle économique capable d'intégrer les contraintes physiques et écologiques de la planète.
- Risque et résilience : les dernières années ont été dramatiquement la scène de catastrophes économiques et écologiques. Réfléchir à une meilleure compréhension, mesure et gestion du risque à partir d'un travail interdisciplinaire.

- Éthique et économie : rationaliser l'activité économique et financière dans le respect des préoccupations sociales et politiques.
- Dès sa création, l'institut Oxford Martin School a été soutenu par l'Institut pour la nouvelle pensée économique (INET) basé à New York qui est un groupe de réflexion à but non lucratif, fondé en octobre 2009 à la suite de la crise financière de 2007-2012, et dont la mission clairement affichée est de favoriser l'émergence d'une nouvelle génération de dirigeants économiques à l'échelle mondiale, de provoquer une nouvelle façon de penser l'économie et d'inspirer la profession pour s'engager dans les défis du XXI^e siècle. L'institut bénéficie également du soutien de nombreux mécènes : the Open Society Foundations, Resolution Foundation, la Commission Européenne, Economic and Social Research Council (ESRC), Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), US Department of Energy, US National Science Foundation (NSF), Rockefeller Foundation, James Martin 21st Century Foundation, the Nuffield Foundation, Saïd Business School Foundation, the Ocean Conservancy, the Bill and Melinda Gates Foundation, Dr Otto Poon et la Nick and Leslie Hanauer Foundation.

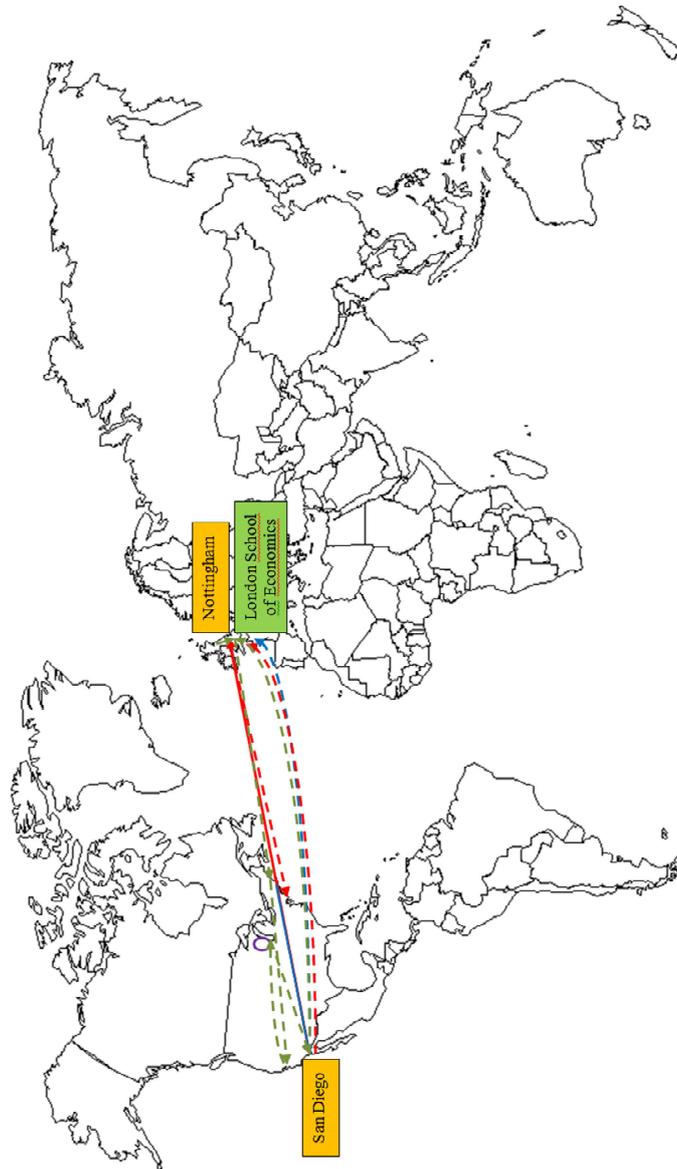
La longue liste de mécènes confirme l'intérêt du monde occidental pour une nouvelle orientation de l'économie vers plus d'humanisme. Les chocs, notamment financiers, répétés et subis par l'ensemble de la planète ont eu pour conséquence de favoriser la constitution de groupes d'intellectuels à réfléchir ensemble (et dans l'interdisciplinarité) et de façon concrète à une amélioration des conditions économiques et sociales, favorables au plus grand nombre et dans le respect du développement durable.

DES RENCONTRES DECISIVES

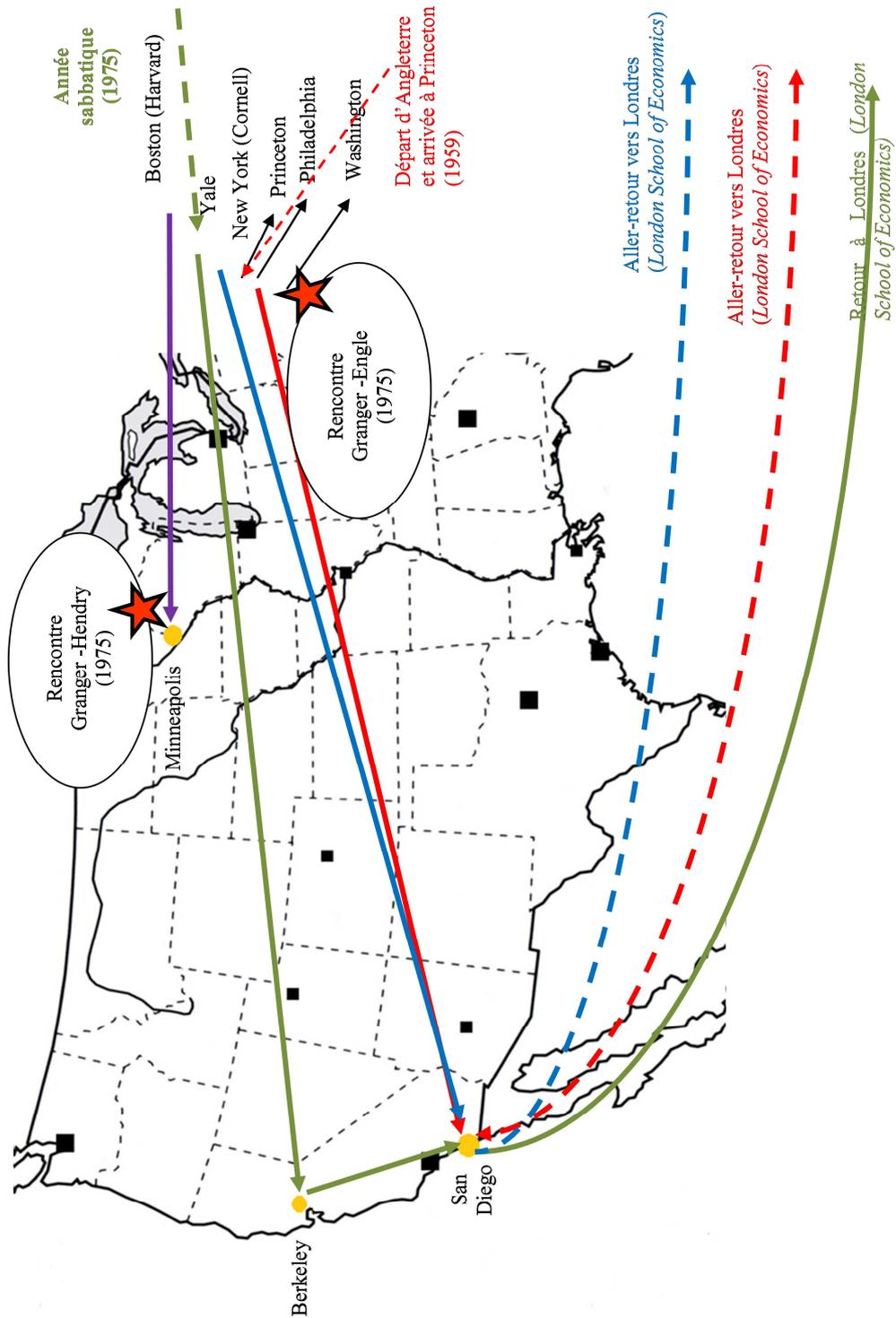
Au milieu des années 1970, la discipline compte deux pôles exclusivement occidentaux et anglo-saxons. Nous pouvons retracer les itinéraires de la recherche scientifique du champ des séries temporelles entre 1974 et 1982⁷² entre l'Angleterre et la Californie à partir des rencontres entre Clive GRANGER, David HENDRY, Robert ENGLE (auxquels nous associons pour une meilleure compréhension des évolutions de la discipline Christopher SIMS) :

⁷² Le code des couleurs est : Clive GRANGER, David HENDRY, Robert ENGLE, Christopher SIMS.

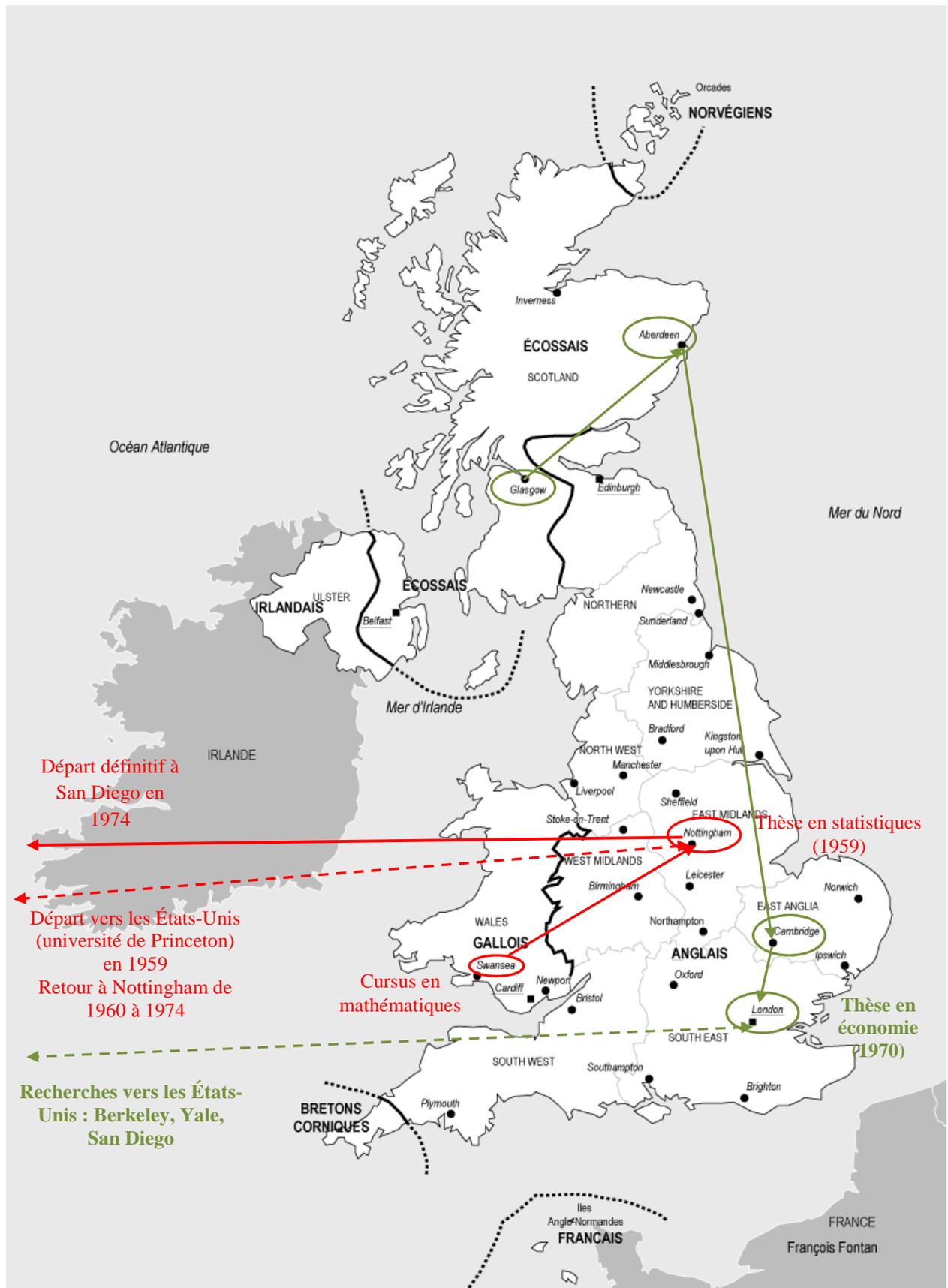
*Les positions géographiques des économètres anglo-saxons
de 1970 à 1982*



es lieux de la recherche aux États-Unis à partir de 1970



Les lieux de la recherche en Grande-Bretagne à partir de 1970



La bipolarité London School of Economics – San Diego : l'origine des collaborations et de l'expansion des séries temporelles modernes

- À l'université de San Diego

GRANGER part s'installer définitivement à l'université de San Diego (Californie) en 1974, laissant derrière lui une première carrière d'enseignant-chercheur à l'université de Nottingham. Il est très intéressé par les travaux de Halbert WHITE, économètre américain alors en poste à San Diego. Il recrute peu de temps après ENGLE parce qu'il s'intéresse depuis 1970 à ses travaux en analyse spectrale (la « régression sur bande spectrale » que ENGLE présente lors du deuxième *World Congress of the Econometric Society* à Cambridge en Angleterre).

San Diego était une université atypique à cette époque, privilégiant les recrutements de scientifiques proposés par les membres de l'université. Ainsi, un groupe harmonieux d'économètres a pu se constituer autour de GRANGER dès son arrivée en 1974 :

« Je pense que le fait que le corps enseignant ait su rester uni a constitué un effort plus grand que le simple fait de s'entendre en premier lieu. Il est clair qu'il y a eu des offres pour débaucher des personnes mais il y a eu des contre-offres de l'université de San Diego, et le département a très bien soutenu le groupe, et ainsi ces personnes ont été heureuses de rester. Elles étaient satisfaites d'être à San Diego et les différences de salaire n'étaient pas si importantes entre San Diego et les autres offres faites. Et ainsi le fait que nous soyons parvenus à rester ensemble a été l'une des raisons principales pour laquelle le groupe semblait si fort. Il n'y a pas eu beaucoup de mouvement. La stabilité, je pense, est importante. »⁷³ [PHILLIPS, 1997, 263-264]

Le département d'économétrie à San Diego semble être composé d'un groupe de copains, chacun intéressé par les travaux des autres dans le seul intérêt de développer le champ des séries temporelles. En février 2008, lorsque GRANGER m'adressait – en réponse à l'un de mes mails – les quelques lignes (citées en infra) évocatrices de l'état d'esprit de l'économétrie à ce moment-là, il insistait sur le fait (la fierté ?) d'avoir construit leur propre école des séries temporelles⁷⁴.

Lorsque, récemment, j'ai pu m'entretenir avec HENDRY, je lui ai demandé qui étaient ces « we ». Sa réponse a été :

⁷³ “I think the fact that the faculty has stayed together has been more work than getting things together in the first place. It is clear that there have been offers for people to move and there have been counteroffers at San Diego, but the department has been very supportive of the group, and so people have been content to stay. They have been happy enough in San Diego and the salary differences are not that much between other offers and San Diego. And so the fact that we have managed to keep together has been one of the major reasons that the group looked so strong. There has not been much movement around. Stability, I think, is important.”

⁷⁴ “I was never connected to Cowles or to the NBER as neither paid much attention to time series. In practice we have built up our own school developing causality, cointegration, ARCH, long-memory, etc.”

« Beaucoup de personnes : Clive [Granger], Rob [Engle], Hal White, il devait inclure Denis [Sargan]. On peut aussi inclure Ken Wallis sur la prévision et la saisonnalité, probablement Charles Nelson, probablement moi, probablement [Jean-François] Richard. »

- *À la London School of Economics*

Outre-Atlantique, l'économétrie gravite à Londres, à la LSE. Une première génération d'économètres évolue autour de SARGAN et PHILLIPS, tandis qu'une nouvelle génération se construit autour de HENDRY et prend conscience de l'inadéquation des modèles économétriques usuels. HENDRY rallie des économètres francophones : Jean-François Richard⁷⁵, Jean-Pierre Florens⁷⁶ et Michel Mouchart⁷⁷.

Pour HENDRY, cette bipolarité a pu être fructueuse parce que les individus s'appréciaient aussi en dehors de considérations professionnelles. En 1975, il part pour une année sabbatique aux États-Unis, tout d'abord à Yale (à la Cowles Commission de juillet à décembre 1975) puis à Berkeley (de janvier à juin 1976) en Californie. Cette expérience n'aura d'autres vertus que de lui permettre d'aller rencontrer GRANGER et ENGLE à San Diego :

« Granger et moi ne nous connaissons pas. Chacun lisait les travaux de l'autre. Et quand j'ai lu le papier de 1974, j'ai réalisé qu'on travaillait sur la même chose ! Mais de façon très différente.⁷⁸

Engle était très différent. Il était très ami avec Ken Wallis [Anglais] qui était à la LSE à cette époque. Ils travaillaient tous les deux sur les mêmes sujets en séries temporelles. J'ai rencontré Engle en 1970 quand il est venu à la LSE pour la conférence de l'*Econometric Society* à Cambridge, et il nous est apparu évident que nous avions les mêmes vues, avec Ken Wallis, sur l'économétrie, les séries temporelles, et sur ce qu'il fallait faire.

Engle et moi avons tous les deux des épouses psychologues, très bonnes cuisinières, nous aimions tous les deux les bons vins et la bonne chair. Il y avait beaucoup d'affinités entre nous. Tout cela était hors économétrie. C'était facile d'être bons amis avec Engle et Wallis.

J'ai rendu visite à Granger et Engle à San Diego en 1976, lorsque j'ai passé une année aux États-Unis, à Yale et à Berkeley. Les deux universités [Yale et Berkeley] m'ont offert un poste, mais la probabilité que j'accepte était nulle, quel que fût le salaire ! Nous n'avions pas les mêmes comportements, ni la même façon de voir le monde, ce n'était pas confortable pour moi. Mais à San Diego c'était bien différent ! Tout était beau, les gens étaient intéressés par ce que nous faisons, l'ambiance était amicale, on pouvait discuter le soir, on discutait à la plage. Nos femmes s'entendaient bien. Rob [Engle] dessinait des diagrammes sur le sable, sur la plage de San Diego, pour discuter de différentes questions. J'aurais voulu avoir un poste à San Diego, et j'ai eu une offre plus tard. Mais ma femme n'a pas pu obtenir d'autorisation de l'Association de Psychologie Américaine pour pratiquer à San Diego (c'était un cercle très fermé). Nous sommes retournés en Angleterre.

La connexion avec Engle a été immédiate. Pour autant que je me souvienne, Clive n'était pas intéressé par le vin ni par la bonne chair (pour lui la nourriture était un simple carburant). Il

⁷⁵ Université Catholique de Louvain - Center for Operations Research and Econometrics (CORE).

⁷⁶ Université de Toulouse.

⁷⁷ Université Catholique de Louvain.

⁷⁸ Il s'agit des prémices du concept de cointégration (MEURIOT, 2015a).

était très cultivé et pouvait parler de plein de choses (probablement de ce vase, et de l'architecture de ce bâtiment) mais il n'avait pas les mêmes centres d'intérêt, les mêmes activités extra-professionnelles. La connexion avec Granger n'avait rien à voir avec le fait que nous étions Anglais, il aurait pu être de n'importe où, tout comme Engle. Les rapports entre nous venaient davantage de ce que nous faisons en dehors de l'université ; lorsque vous fréquentez un collègue en dehors de l'université, vous êtes davantage enclin à travailler avec lui.

Mais à San Diego, pas seulement avec Clive, il y avait un style de vie bien différent de celui de Yale ! Si vous vouliez rencontrer un membre de la faculté à Yale, vous alliez dans son bureau quand il déjeunait. C'est ce qu'ils appelaient leur « temps perdu » pour vous rencontrer. Clive ne réservait pas juste le temps du déjeuner pour discuter, vous vous asseyiez là et discutiez. Comment parler de « temps perdu » lorsque vous échangez avec des collègues ? Et à la LSE, on passait beaucoup de temps à discuter en dehors des horaires, à l'heure du thé, de la pause-café et du repas. On discutait de nos disciplines, on argumentait sur différentes choses. C'est ce qui n'existait pas à Yale. C'est une approche très différente. »⁷⁹

À partir de cette période, la bipolarité deviendra source d'échanges fructueux pour la discipline. Notons que l'université de San Diego est alors la seule à fonctionner sur un mode aussi convivial, coopératif – c'est aussi là qu'ont eu lieu les manifestations étudiantes les plus virulentes contre la Guerre du Viêt Nam. Les autres grandes universités américaines semblent mettre un point d'honneur à l'individualisme, l'isolement entre individus et entre disciplines, comme si la rigueur comportementale affichée était un gage de *haute science*. Nous sommes au milieu des années 1970, mais nous voyons déjà poindre là le principe américain du « publish or perish » qui deviendra la règle quasi universelle de la science⁸⁰.

« Le fait que Hendry reste en Angleterre a pu stimuler davantage la recherche : il travaillait avec d'autres économètres et ainsi pouvait apporter une autre vision des choses à Granger et Engle, une vision *anglaise* que venaient chercher Granger et Engle. Ils venaient chercher à Londres auprès de Hendry un échange interdisciplinaire qui n'existait pas dans les universités américaines, à l'époque tout du moins. Ces échanges avaient lieux au cours du déjeuner bien souvent, au cours de réunions et de comités ; Granger et Engle avaient le sentiment qu'ils pouvaient facilement discuter avec des universitaires d'autres disciplines, parler de problèmes particuliers ou bien simplement avoir des échanges intellectuels. Ainsi, San Diego offrait la possibilité de recrutements adéquats, tandis que la LSE se prêtait à la discussion entre intellectuels. » [MEURIOT, 2015b]

ENGLE s'est rendu en Angleterre en 1970, mais simplement pour participer à un colloque ; c'est à ce moment-là qu'il a rencontré WALLIS et pris connaissance de ses travaux sur les séries temporelles. Mais la véritable connexion entre les deux pôles est réalisée lorsque HENDRY se rend aux États-Unis pour une année sabbatique, et surtout lors de sa visite à San Diego. C'est alors que les concepts novateurs des séries temporelles vont rapidement se

⁷⁹ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

⁸⁰ La « rigidité » comportementale dans les départements d'économie des universités nord-américaines au cours du XXe siècle est relatée dans l'article de Fourcade & Khurana (2013).

développer. La connexion établie entre Londres et San Diego, les protagonistes n'auront alors de cesse de collaborer, d'échanger sur les points de vue des uns et des autres. Les relations amicales entre ENGLE et HENDRY amèneront ENGLE à se rendre très souvent à Londres pour y travailler également avec WALLIS, mais aussi RICHARD. C'est, en revanche, lors d'une conférence à Minneapolis que HENDRY rencontre GRANGER pour la première fois... ce qui débouchera quelques années plus tard sur le fameux concept de cointégration (MEURIOT, 2012a, 2015). Par la suite, HENDRY écrira :

« Nous sommes tombés complètement d'accord sur la cointégration et avons partagé le même objectif fondamental d'améliorer la qualité des sciences économiques empiriques, quoique par des itinéraires différents – ainsi nous sommes devenus des amis proches. »⁸¹
[HENDRY, 2010, p. 4]

Les relations sont établies des deux côtés de l'Atlantique grâce à HENDRY qui noue des liens professionnels autant que personnels avec le cercle des économètres de San Diego qui sont très anglophiles, ce qui a indubitablement participé au rapprochement entre les deux pôles. Ils partagent une même passion pour les séries temporelles et la même conviction qu'il faut donner à l'économie des outils plus adéquats, même si les économistes ne voient dans l'économétrie qu'un instrument de mesure et de quantification. Ils vont dès lors s'attacher à développer ce fameux champ des séries temporelles, mais revisités.

Des trois pionniers, HENDRY est celui qui a adopté dès le départ la démarche la plus réflexive, même si dans un article posthume⁸² GRANGER s'interrogeait sur le devenir de la discipline et ses distances prises avec l'économie au fil du temps (MEURIOT, 2015b). ENGLE s'est tourné vers la finance et s'est employé à développer les modèles ARCH, s'éloignant quelque peu de l'université.

2.5.2. L'explosion des concepts : l'élan créatif en réponse aux mutations du monde économique

L'année 1974 sera décisive pour l'économétrie des séries temporelles modernes. Elle marque le début d'une nouvelle réflexion du groupe des économètres maintenant constitué entre la LSE et San Diego. En quelques années, c'est l'ensemble de la discipline qui est reconstruite par les travaux majeurs de GRANGER, ENGLE et HENDRY et de quelques autres économètres qui participent aux discussions et apportent parfois leur pierre à l'édifice. Au cours de la période 1974 - 1982, rares seront les travaux publiés dans les grandes revues d'économétrie qui ne porteront pas le nom de l'un d'entre eux.

⁸¹ “We agreed completely about cointegration, and shared the same basic objective of improving the quality of empirical economics, albeit by different routes—so became close friends.”

⁸² Cet article posthume a été remis en forme par les éditeurs de la revue, ainsi que par Graham Elliott professeur d'économie à l'université de San Diego : GRANGER C.W.J. (2012) « Useful conclusions from surprising », *Journal of Econometrics*, 169(2), 142-146.

Cependant, cet avènement de concepts doit être relativisé au regard de l'histoire économique et économétrique.

DES RECHERCHES OUBLIEES...

À nouveau, nous devons à HENDRY et à son travail historique quelques nuances sur l'ampleur des découvertes réalisées entre 1974 et 1982. C'est sans doute parce que HENDRY est le seul économiste de formation du groupe qu'il voyait un intérêt majeur à s'investir sur cette histoire, notamment parce qu'il était sceptique quant aux enseignements d'économie qu'il avait reçus : les économistes semblaient tout savoir sur l'économie, l'économétrie ne pouvait servir qu'à répondre à des questions telles que « combien vaut l'élasticité-prix ? », « quel doit être le prix ? », « quel doit être le niveau de la demande ? », etc. Autant de questions surprenantes (pour ne pas dire stupides) pour un économètre qui s'attache à construire des modèles macroéconomiques...

En 1979, HENDRY recrute à la LSE l'historienne Mary MORGAN pour travailler sur l'histoire de l'économétrie depuis sa création et incluant de fait les travaux des premiers statisticiens de la fin du XIXe siècle. C'est alors qu'ils se rendent compte que de nombreux concepts sont tombés dans l'oubli à cause de la Grande Dépression puis de la Seconde Guerre Mondiale. L'économétrie naît officiellement le 29 décembre 1930 (DIVISIA, 1953), bien que des démarches préliminaires aient été engagées dès 1900. Nous sommes donc en plein bouleversement économique, les baromètres de Harvard n'ont pas fonctionné, n'ont pas su prévenir le krach boursier des 24-29 octobre 1929 à la Bourse de New York (DESROSIERES, 2008 ; ARMATTE, 2010).

Il a fallu attendre les premiers travaux d'histoire de l'économétrie pour s'apercevoir que nombre des concepts qui réapparaîtront à partir de 1974 existaient dans une forme au moins embryonnaire (HENDRY & MORGAN, 1989, 1995). Mais ces travaux ont été oubliés, perçus souvent comme ennuyeux parce qu'ils ne correspondaient pas aux préoccupations de leur époque. Il s'agissait souvent de concepts imbriqués dont on pensait qu'ils n'étaient tout au plus que des exercices de mathématiques pures, d'esthétiques mathématiques. Ils étaient perçus comme abscons, réservés à un public averti mais sans aucune application pour les sciences. Ainsi en a-t-il été du traitement de la non-stationnarité qui a été le point d'orgue au milieu des années 1970, cette manifestation de l'instabilité chronique de l'économie. HENDRY se souvient :

« Les personnes qui ont commencé à travailler sur les racines unitaires de Dickey-Fuller, par exemple, doivent montrer pourquoi les données ont cette forme. C'est une tendance avec des bosses autour à cause des racines unitaires. C'est un sérieux problème. Plusieurs personnes ont essayé de s'attaquer à ce problème en 1910 et 1920. Et en 1926, l'Anglais Yule dans son article sur les « nonsense regressions »⁸³ avait démontré ce que Granger et Newbold

⁸³ YULE, G.U. (1926) "Why do we sometimes get nonsense correlations between time-series, a study in sampling and the nature of time-series", *Journal of the Royal Statistical Society*, 89, p. 1-64.

redécouvriront en 1974 ; et Bradford Smith⁸⁴ aux USA qui a montré l'encastrement de racines unitaires dans le modèle général [la cointégration]. Il fallait résoudre ce problème. Les distributions étaient plus compliquées qu'on ne le pensait, mais à nouveau on l'avait oublié. [...] Quand Granger et Newbold ont redécouvert les régressions fallacieuses sans identification des racines unitaires, ils ont réalisé combien c'était un problème. Je pense que la cointégration était quelque chose d'évident pour Klein [1950]⁸⁵. Les réflexions de Klein et de Granger, bien que pertinentes, étaient erronées, et en tentant de me désapprouver, Clive [Granger] a finalement découvert la cointégration.»⁸⁶

Les questions qui ont hanté les économètres dès le milieu des années 1970 n'étaient pas à proprement parler nouvelles. Des mathématiciens, des statisticiens, les avaient déjà effleurées mais sans penser à les appliquer ni à les vérifier empiriquement. D'où leur oubli, sans doute. Cependant, le travail historique de HENDRY (aidé de MORGAN) va permettre une progression plus rapide des séries temporelles dès 1974.

L'ELAN CREATIF : D'UN MONDE NON STATIONNAIRE AUX CONCEPTS

Sur un plan strictement mathématique, les séries temporelles ont bénéficié des travaux de Box & Jenkins (1970) sur l'écriture des processus sous forme d'une décomposition entre un processus autorégressif déterminé et une moyenne mobile sur les résidus : processus ARMA (MEURIOT, 2012a). Ces travaux s'appuient sur le théorème de décomposition de WOLD (1938, 1954). À nouveau, on déterre d'anciens travaux. Jusque-là, les analyses temporelles s'effectuent par les analyses spectrales à partir de la décomposition de FOURIER de 1829 qui requièrent un solide bagage mathématique, la trigonométrie notamment. Il s'agit de décomposer un signal en fréquences de court terme et de long terme. GRANGER et ENGLE ont beaucoup travaillé dans ce domaine. L'innovation apportée par les travaux de Box & Jenkins concerne la structure de la forme résiduelle des processus et ainsi permet d'identifier les autocorrélations sérielles qui perturbent l'estimation des processus (MEURIOT, 2012a).

La non-stationnarité du monde

Au cours des années 1960, les sociétés occidentales ont petit à petit pris le contre-pied des normes établies depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale. Les jeunes s'organisent pour renverser l'ordre établi : la Révolution de Mai 1968 en France, la rébellion des étudiants en 1968-1969 en Grande-Bretagne, les mouvements issus de la contre-culture aux États-Unis tels le mouvement hippie, les Black Panthers... Notons que Angela DAVIS rejoindra l'université de San Diego à la fin des années 1960, université dans laquelle les étudiants sont alors farouchement opposés à la Guerre du Viêt Nam. Comme un coup de semonce, le choc

⁸⁴ SMITH, B.B. (1926) "Combining the Advantages of First-Difference and Deviation-From-Trend Methods of Correlating Time Series", *Journal of the American Statistical Association*, 21(153), p. 55- 59.

⁸⁵ KLEIN, L.R. (1950) *Economic Fluctuations in the United States*, John Wiley & Sons, Inc., New York Chapman & Hall, Limited, London.

⁸⁶ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

pétrolier de 1973 parachève ce mouvement de mutation du monde. La *res economica* est désormais propulsée dans un univers inconnu jusque-là ; le déséquilibre induit par les mouvements économiques et sociaux ébranle l'ordre planétaire. Le monde vient de basculer dans l'instabilité, dans le *non stationnaire*.

Les économistes font alors une mauvaise analyse de la situation. Cramponnés au sacro-saint paradigme néo-classique, ils refusent d'admettre la non-stationnarité du monde ; ils privilégient une vision où le déséquilibre est une situation particulière dans la recherche de l'équilibre. Or, cette vision est parfaitement illusoire dans la réalité de 1974. Ce que les sociétés nous enseignent alors est bien plutôt que le monde est en déséquilibre permanent, l'équilibre n'est qu'un point particulier dans une relation inter-temporelle (GRANOVETTER, 1985). Les Nord-Américains, les économistes notamment, n'accepteront jamais cet état de fait qui remettrait profondément en cause la théorie économique et le paradigme néo-classique. La critique la plus cinglante est celle de LUCAS (1972) qui « ose » dénoncer l'inefficacité des modèles économétriques à révéler les comportements anticipatifs des agents. Les économistes ne voient pas, dans ce qu'ils considèrent alors comme un « épisode », que le monde a changé, que le monde est en parfaite rupture, que *le monde ne fonctionnera jamais plus comme avant*. Ils s'enferment dans la croyance que le marché économique mondial traverse une phase de non-équilibre (ce que BOURDIEU a analysé comme une *scholastic fallacy* dès 1994). La conséquence logique étant que les forces naturelles du marché sauront le ramener à l'irréfutable équilibre... Pourtant, déjà en 1912 François SIMIAND dénonçait l'irréalisme de cette conception de l'économie.

« [...] regardez même aux théories qui se donnent le nom de théories d'économie pure : quel en est le problème fondamental, dont dérivent ou auquel se subordonnent tous les autres ? C'est de déterminer les conditions d'équilibre d'un marché idéalement *défini appelé* marché libre. Mais pourquoi vouloir déterminer les conditions d'équilibre, plutôt que les conditions de déséquilibre, de tel ou tel déséquilibre, sinon par le postulat finaliste implicite que l'équilibre est l'état normatif, idéal, du marché économique ? Qu'on ne dise pas que pour passer aux conditions de déséquilibre, il suffira de prendre l'inverse des conditions d'équilibre : s'il n'y a qu'un équilibre, il y a beaucoup de déséquilibres possibles. » [SIMIAND, 1912, p. 182-183]

La perception des économètres est bien différente. Eux, à qui les économistes s'adressent pour quantifier et prévoir, comprennent rapidement qu'une lame de fond est en train de se produire. Les modèles ne fonctionnent plus, les échecs de prévision se multiplient, les résultats d'estimations sont presque toujours à l'inverse de ce qu'ils attendent... Les méthodes économétriques ne répondent plus ! Les observations qu'ils font sur le monde économique attestent d'un changement profond, d'une rupture dans l'évolution de l'économie. Cependant, les économistes refusent d'entendre ce discours, la bataille s'exacerbe : les économistes savent ce qui se passe dans le monde, les économètres n'ont qu'à le prouver...

La vérification absolue pour l'économètre est la prévision, la qualité de la prévision. Dès la fin des années 1960, HENDRY constate que les modèles de prévision produisent des résultats erronés, voire complètement faux. Pourtant, il construit scrupuleusement ses observations à partir des données brutes de l'économie britannique. Partant du principe que la prévision n'est

rien en soi mais seulement le reflet des données intégrées dans un modèle, et que les données sélectionnées sont justes eu égard aux statistiques publiques, l'échec de prévision ne peut provenir que d'un déplacement contemporain de l'économie – à ce moment-là HENDRY travaille sur la relation inflation-consommation en Grande-Bretagne et observe que le taux d'inflation qui croît très rapidement affecterait la consommation instantanée, ce qui n'est pas possible au vu des délais d'apprentissage nécessaires aux consommateurs avant qu'ils intègrent la dégradation de l'unité monétaire causée par l'inflation. Le constat de HENDRY est que le monde vient de basculer dans une direction inconnue jusque-là puisque les séries temporelles ne reconnaissent pas la structure contemporaine. Tout doit être repensé, l'économétrie des séries temporelles a besoin de nouveaux concepts :

« [Il s'est] réellement agi d'une explosion des concepts. C'est le passage d'une vision stationnaire du monde où l'équilibre fonctionne à une vision non stationnaire du monde où l'équilibre ne fonctionne pas. Les Américains affirmaient que le monde était stationnaire, sauf Granger, Engle, Hal White et quelques autres. Les Européens ont rapidement adopté la non-stationnarité du monde : Johansen, Juselius, moi, et beaucoup d'autres personnes ont instantanément vu que le monde n'est pas stationnaire. »⁸⁷

L'achoppement s'est produit parce que les économistes persistaient à raisonner en termes d'anticipations rationnelles, d'optimisation inter-temporelle, de simples ajustements des modèles, tandis que les économètres enregistraient des ruptures dans l'économie et percevaient la nature non stationnaire du monde à partir des résultats erronés des modèles – conduisant, dans le cas de la relation inflation-consommation en Grande-Bretagne, à anticiper l'inflation. Les modèles construits sur la théorie économique ne fonctionnaient plus. On assistait à un déphasage conséquent entre la théorie et sa vérification empirique.

La non-stationnarité était un phénomène *nouveau* pour les économètres. Jusque-là, les analyses se sont toujours développées dans un univers stationnaire où les distributions statistiques étaient relativement simples, où les problèmes d'autocorrélation ne se posaient que très partiellement, où les variables économiques étaient relativement stables en moyenne du moins (elles retournaient à leur valeur moyenne au bout d'un laps de temps relativement court). Or, réaliser que le monde est non stationnaire impliquait un tout autre questionnement. On ignorait alors les méthodes adéquates, on ne savait pas comment développer ces nouvelles méthodes ni dans quelles directions les définir. Il fallait repenser l'économétrie des séries temporelles, mais comment ? Les économètres étaient dans l'impasse de part et d'autre de l'Atlantique... On percevait que la structure des séries économiques temporelles était plus complexe, composée de bosses et de creux qui ne se compensaient pas forcément autour d'une tendance. La manifestation de la non-stationnarité conférait des distributions statistiques beaucoup plus hétérogènes que celles sur lesquelles on travaillait jusque-là. Il fallait tout repenser, il fallait inventer de nouvelles techniques pour intégrer les nouvelles structures des phénomènes. Les économètres étaient face à un monde quasi-vierge scientifiquement, ils étaient face à une rupture épistémologique de la discipline. Nous étions en train d'assister à la construction d'un nouveau champ scientifique au sens de BOURDIEU (1995, 2011). Bien sûr, EINSTEIN dès 1905 avait initié la pensée scientifique à la relativité, et

⁸⁷ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

des économètres tels YULE, SLUTSKY puis FRISCH avaient tenté une percée vers la thermodynamique. Mais ces travaux avaient été négligés – voire oubliés – par les économistes... Il revenait aux économètres d'assumer cette rupture épistémologique, ils étaient directement confrontés aux bouleversements du monde économique qu'ils percevaient *via* les échecs de prévision répétés de leurs modèles, l'inadéquation méthodologique qui devenait de plus en plus évidente.

« L'année 1974 a été la plus importante en économétrie ! On commençait à réaliser que les visions antérieures, par lesquelles on écrivait les séries économiques et on ajustait les données, étaient complètement bornées et ne pouvaient pas fonctionner. Ceci a été une étape-clé. La non-stationnarité c'est finalement se demander « pourquoi ça ne marche pas ? ». Le monde évolue, le monde fonctionnait hier mais peut-être pas demain. Mais l'explosion est venue de là, lorsqu'on a réalisé que la plupart des concepts dont on disposait étaient inadéquats.

Mais une partie de cette explosion était déjà en mouvement en 1944. Haavelmo⁸⁸ revenait et on le lisait. Il s'intéressait aux sauts des distributions. Dans la section où il discute des prévisions, il dit « pour prévoir, on a besoin de tests sur les distributions ». C'était la même chose pour nous ! Personne n'avait repris cela autour de moi. J'ai lu ce passage plusieurs fois, je n'arrivais pas à comprendre ce que Haavelmo voulait dire par « si vous êtes dans un univers non stationnaire, vous ne pourrez pas prévoir avec le modèle d'hier ». C'est ce qu'il avançait dans son livre de 1944 [qui portait sur la notion de réduction]. Il disait que si vous partez du modèle général, ce qu'on appelle maintenant « le sur-modèle des distributions », et que vous le simplifiez, alors cela éclaire les séries. Une évidence ! Plus tard, lors de son investiture à la présidence de la Société d'économétrie et dans son allocution pour l'attribution du prix Nobel, il a dit : « L'économie n'est pas réellement utilisée parce qu'il y a trop d'équilibre alors que l'économie n'est pas en équilibre ». Voilà les soubassements à l'explosion des concepts. Quant aux raisons... »⁸⁹

En 1974, GRANGER et NEWBOLD publient “Spurious Regressions in Econometrics: Model Specification” dans le *Journal of Econometrics*, reçu en mai 1973. Ils expliquent que la non-stationnarité de la structure des séries temporelles conduit à des estimations fausses (un coefficient de régression R^2 proche de 1 associé à une statistique de Durbin-Watson très faible) et indique une mauvaise spécification du modèle en raison de l'autocorrélation entre les séries, ce qu'ils appellent les « spurious regressions » (MEURIOT, 2015a). HENDRY est parfaitement d'accord avec cette notion, mais il sait que l'idée n'est pas complètement nouvelle : YULE s'y est intéressé en 1926, mais ses travaux ne sont pas connus aux États-Unis. Pour HENDRY c'est là l'élément complémentaire aux travaux de SARGAN (1964) sur la correction à l'équilibre, mais comme YULE, ses travaux ne sont pas connus Outre-Atlantique. En 1975, HENDRY rencontre GRANGER à la conférence de SIMS à Minneapolis. Il lui fait part de sa conviction que les « spurious regressions » sont complémentaires aux travaux de SARGAN : la manifestation de ces régressions fallacieuses témoigne de la non-stationnarité, mais elles indiquent également que les variables en présence peuvent représenter un équilibre de long-terme si elles ont une influence causale entre elles ou si elles sont conditionnées de façon similaire par une variable exogène. Quelques années plus tard et après maintes discussions (parfois houleuses), GRANGER se décide à prouver mathématiquement que

⁸⁸ HAAVELMO, T. (1944) “The Probability Approach in Econometrics”, *Econometrica*, 12, Supplement. (Jul., 1944), pp. iii-vi+1-115.

⁸⁹ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

HENDRY se trompe... C'est en réalisant sa démonstration que GRANGER découvre que HENDRY avait raison : c'est la naissance du concept de cointégration qui vaudra, entre autres travaux originaux, le prix Nobel à GRANGER en 2003. Les premiers écrits de GRANGER sur la cointégration datent de 1981 ; mais selon HENDRY, GRANGER avait conceptualisé et formalisé la plupart des résultats dès 1979. Le « théorème de représentation de Granger », qui fait le lien avec les travaux de SARGAN, n'apparaîtra lui qu'en 1983 dans un document de recherche de San Diego, non publié à ce jour⁹⁰.

En 1978, GRANGER et ANDERSEN développent le modèle bilinéaire – à partir des développements en série de VOLTERRA et introduits dans l'analyse temporelle par WIENER en 1958 – qui scinde l'analyse des processus en deux : une analyse sur la partie déterministe, une autre sur la partie résiduelle. On entre véritablement là dans l'analyse non linéaire, prémices de la non-stationnarité.

En 1979, les premiers tests de non-stationnarité – les tests de racine unitaire – sont publiés par les statisticiens américains DICKEY et FULLER. Dès lors, on dispose d'une méthodologie pour étudier la non-stationnarité dans les séries temporelles. C'est aujourd'hui le domaine le plus développé en économétrie des séries temporelles tant la manifestation de la non-stationnarité peut apparaître dans n'importe quel type de séries temporelles.

Cette même année 1979, ENGLE qui s'intéresse à la conjecture de FRIEDMAN – le rôle de l'inflation dans l'évolution du cycle économique, par conséquent le rôle des anticipations des agents – travaille sur les structures d'ordre 2 des processus (la variance). Il débute son travail à San Diego quelques jours avant son départ pour la LSE. Le voyant hésiter, GRANGER lui donne quelques « tuyaux » pour repérer la forme de l'hétéroscédasticité dans les variances des processus – le lieu où se manifestent les anticipations des agents économiques, tout du moins où elles sont repérables pour l'économètre. Mais c'est à la LSE, cette même année 1979, que ENGLE achève sa formalisation du traitement de l'hétéroscédasticité conditionnelle qui lui vaudra le prix Nobel la même année que Granger, 2003, pour ses travaux sur la modélisation ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Le papier officiel de ENGLE sur les ARCH paraîtra en 1982 dans la revue *Econometrica*.

« Lorsque Engle a commencé à travailler sur les ARCH, pour moi c'était évident qu'il s'agissait d'anticipations conditionnelles de Y pour X donné, le moment d'ordre 1. Ensuite il regardait les anticipations conditionnelles sur le moment d'ordre 2. Donc, une généralisation naturelle, sans surprise, il s'agissait de moments reliés donc sans surprise du tout. Je ne voyais pas l'intérêt « What a big deal ! Go, man ! ». Mais je n'aime pas la finance ! J'étais un macroéconomiste et donc je m'intéressais aux agrégats, je n'avais pas ces propriétés dans mes séries et je n'avais donc pas besoin de ce type de modèle. [Engle] a essayé d'appliquer les ARCH à l'inflation. Donc les ARCH étaient nés. J'ai effectivement inventé le nom, mais je n'étais pas intéressé par le moment d'ordre 2 ; j'étais intéressé par le moment d'ordre 1 et les déplacements (*shifts*) [de l'économie]. »⁹¹

⁹⁰ Lorsque j'écrivais mon livre, j'ai bien sûr recherché ce document « introuvable ». Après un tour de la planète des économètres, je l'ai finalement obtenu auprès de Jésus GONZALO à l'université de Madrid, ancien thésard de Clive GRANGER. Ni HENDRY, ni ENGLE, ne disposaient de ce document. Ce document est joint en annexe, avec les annotations manuscrites de Jésus GONZALO.

⁹¹ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

En quelques années, tous les nouveaux concepts opérationnels de l'économétrie des séries temporelles sont nés grâce à la collaboration intense entre HENDRY, GRANGER et ENGLE. Bien sûr, d'autres noms sont associés à ces travaux. Mais il demeure que seules ces trois personnes sont à l'origine des idées majeures, ont su mobiliser l'esprit créatif nécessaire qui révolutionnera la discipline. Après les années 1970, l'économétrie ne se pratiquera qu'en utilisant ces concepts de régressions fallacieuses, cointégration et modèles à correction d'erreurs, modélisation ARCH.

Pourtant, les protagonistes ont souvent pensé que le hasard avait joué un rôle non négligeable au cours de la décennie 1970. Pouvons-nous effectivement qualifier les éléments dynamiques nécessaires à la création des nouveaux concepts de phénomènes de sérendipité (SAINT-MARTIN, 2013) ? À propos des recrutements efficaces à San Diego, GRANGER qualifie l'épisode de « It just happened ! » ; la découverte du concept de cointégration peut également apparaître comme la manifestation de sérendipité dans la mesure où c'est en tentant de prouver à HENDRY qu'il se trompait théoriquement que GRANGER découvre la notion de cointégration. C'est encore *par hasard* que Granger donne le coup de pouce nécessaire à ENGLE pour résoudre les problèmes d'hétéroscédasticité conditionnelle qui conduira à la modélisation ARCH :

« Quelques jours avant [le départ de Engle pour la London School of Economics] Granger passe dans le bureau de Engle et voit les différents modèles sur lesquels il travaille. Granger comprend instantanément ce que cherche à identifier Engle : il est confronté à ce problème d'hétéroscédasticité des résidus qui représente une façon d'intégrer les processus d'anticipation des agents mais qui produit des irrégularités conséquentes dans le modèle. [...] Granger suggère alors à Engle d'élever les résidus au carré et d'étudier le processus autorégressif de cette chronique. Cette proposition laconique va pourtant ouvrir l'économétrie des séries temporelles à la modélisation ARCH. » [MEURIOT, 2012a, p. 142]

L'apparition de ces concepts constitutifs de l'économétrie des séries temporelles moderne dès le milieu des années 1970 procède de la fusion intellectuelle d'individus qui, grâce aux affinités et aux relations extra-professionnelles qu'ils avaient su créer, sont parvenus à (re)construire l'économétrie des séries temporelles dans un environnement dynamique. Bien sûr, l'environnement social dont ils ont bénéficié *via* leurs institutions respectives a contribué au succès de l'entreprise. Ce sont elles qui *in fine* ont permis la réunion de ces personnalités et favorisé les échanges. Mais ces institutions, qu'il s'agisse de la London School of Economics à Londres ou de l'université de San Diego, était déjà atypiques dans le contexte de la recherche académique. Si à San Diego les recrutements étaient faits en privilégiant l'évolution rationnelle de la science, la London School of Economics offrait la possibilité d'échanges interdisciplinaires entre ses membres (au moment des pauses), ce qui n'était absolument pas une pratique courante à cette époque, tout du moins en dehors du monde européen.

UN CONCEPT MAJEUR JAMAIS RECONNU : L'ENCOMPASSING RELATIONSHIP DE DAVID HENDRY

Tous les développements des séries temporelles apparus à la fin des années 1970 s'inscrivent dans un univers dynamique où le déséquilibre est la norme et l'équilibre un point particulier, une exception. Ce retournement épistémologique, que seuls les économètres des séries temporelles accueillent comme nouveau paradigme, induit un nouveau cadre de pensée. Ce déséquilibre ambiant ne peut être fortuit contrairement aux convictions des économistes d'obédience néo-classique. Les économètres, parce qu'ils sont confrontés à (et attendus sur) la vérification empirique, prennent conscience de la perméabilité du monde économique aux autres sphères sociales, et qui orientent les actions des agents économiques depuis d'autres lieux que le marché. Ils ne peuvent plus faire abstraction du conditionnement des agents par l'extérieur, par l'environnement social. Le principe « ceteris paribus » doit être définitivement dépassé. On ne peut plus voir l'économie par la simple structure du marché dont le fonctionnement en univers clos exclut l'environnement social. Si le constat semble évident, il n'entre pas (à cette époque) dans les canons de la théorie économique (ORLEAN, 2005).

La notion d'exogénéité

La prise en compte de l'environnement a très vite fait écho chez HENDRY. Pendant sa thèse de doctorat, il lit les recherches de George KATONA, et KATONA & MUELLER, et envisage d'intégrer la psychologie économique dans ses travaux afin d'intégrer l'approche psychologique du comportement humain dans les modèles inter-temporels d'optimisation de l'utilité des économistes (ERICSSON, 2004, p. 749). Dès 1968, cette dimension psychosociale alimente constamment la réflexion de HENDRY et apparaît en filigrane dans ses travaux. Il collabore avec les économètres bayésiens RICHARD, FLORENS et MOUCHART, mais il n'adhère pas à la démarche bayésienne qu'il n'hésite pas à qualifier d'*absurde*⁹². Il préfère raisonner en termes de coefficients de régression à partir de ses modèles. Il étudie avec RICHARD le moyen de prendre en compte les manifestations de l'extérieur, les influences de l'environnement dans un modèle composé d'une variable à expliquer à partir d'une variable explicative. Ils conviennent que la variable explicative est elle-même conditionnée par d'autres variables qui ne sont explicitement pas retenues dans le modèle. Par conséquent, l'estimation des coefficients de régression ne reflète que partiellement l'influence de la variable explicative sur la variable à expliquer, puisque la variable explicative est elle-même la résultante de manifestations extérieures imbriquées. Ainsi, la valeur du coefficient d'une variable explicative ne peut refléter la contribution stricte de cette variable dans l'explication de la variable à expliquer. Mais la pratique courante veut que la valeur estimée du coefficient de corrélation donne le poids de la stricte contribution de la variable explicative dans l'explication de la variable étudiée. La réalité (économique) s'inscrit donc dans une chaîne de

⁹² Il s'agit des propres mots de HENDRY lors de l'interview de juillet 2014. Manifestement, la démarche bayésienne consistant à retenir l'ensemble (infini) d'information est alors trop abstraite pour lui, moins efficace que de raisonner sur une information disponible et vérifiable (en termes de prévision tout du moins).

relations causales, de conditionnements qui débordent largement le phénomène étudié *stricto sensu* dans le modèle. Voici l'interprétation de HENDRY en 2014 :

« Pour moi l'exogénéité est une action de validation dans le modèle conditionnel : si on a deux variables X et Z, on n'a pas besoin de modéliser Z. Mais Rob [Engle] n'a jamais pensé de cette façon. En Amérique, Z est exogène et n'est jamais corrélé avec les erreurs. Donc nous avons de nombreux contre-exemples. Nous avons essayé de lister les différents contre-exemples et c'est devenu très compliqué. On y a passé beaucoup de temps. »⁹³

Cette évidence, pourtant, ne sera jamais acceptée dans les grandes revues. HENDRY relate un épisode significatif de ce rejet :

« C'est Richard qui a formalisé le concept d'exogénéité. Il a présenté un article en 1977 à la Conférence de Vienne⁹⁴ ; personne n'a discuté son papier, personne à part moi. Lorsque les gens sont sortis de la salle, ils n'avaient aucune idée de ce qu'il avait dit ! J'ai essayé de leur dire combien c'était important. Quand Engle est sorti de la salle, il est venu me voir et m'a dit « je pense qu'on a un mauvais concept d'exogénéité, mais nous devons essayer ! ». Puis, pendant deux ans il ne sait rien passé : nous avons eu des enfants et nous nous sommes occupés de nos familles. Mais à la fin de l'année 1979, [Engle] a décidé de revenir à la LSE pour travailler sur le concept d'exogénéité.

Je suis allé au CORE (Center for Operations Research and Econometrics à l'Université Catholique de Louvain) avec Richard de Juillet à Décembre 1980. On passait l'été en Bretagne, où on passait notre temps à écrire sur l'exogénéité. Puis on a soumis le papier à *Econometrica* qui l'a rejeté parce qu'il était trop long. Ce qui était une erreur, parce que les gens ne prennent pas le temps d'expliquer le raisonnement lorsqu'ils écrivent. En Grande-Bretagne, les gens prennent le temps de lire parce qu'ils veulent comprendre. Sims et Wallis étaient les éditeurs et ne voulaient pas le papier. Les Nord-Américains ont rejeté [le papier sur l'exogénéité] parce que ce n'était pas leur vision des choses. Les Américains pensent que l'exogénéité peut se définir par un manque de corrélation, les erreurs, malgré les contre-exemples exposés dans notre papier. C'était difficile. Je ne comprends toujours pas pourquoi ils n'ont jamais compris cela, alors que lorsqu'on l'explique c'est évident ! »⁹⁵

L'exogénéité est réellement au cœur de l'estimation des modèles. L'imbrication des informations spatiales et temporelles génère une nouvelle source d'information conditionnée par l'extérieur, l'environnement du phénomène. Cet environnement conditionnant n'est ni réductible, ni isolable, ni supprimable. Il est simplement concomitant au phénomène que l'on étudie, intrinsèque à sa réalisation. L'environnement ne peut être dissocié de la manifestation du phénomène à moins de prendre le risque de mal le percevoir. Mais pour un scientifique aussi sagace que HENDRY, ce risque doit tendre vers zéro.

Le concept de cointégration a permis de répondre en partie à la modélisation de l'exogénéité. Partant du fait qu'une série a une mémoire, c'est-à-dire qu'elle accumule dans ses réalisations

⁹³ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

⁹⁴ Il s'agit de "Limited Information Inference and Prediction in Simultaneous Estimation Models" qui ne sera jamais publié.

⁹⁵ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

et sous différentes formes les influences du passé (MEURIOT, 2012a, (2015a), alors deux variables très influencées par leur histoire respective mais qui évolue de la même façon dans le long terme sont dites cointégrées. La conséquence de cette évolution commune est le conditionnement des variables entre elles ou par une troisième variable extérieure, telles les mesures de politique économique notamment. Mais la cointégration ne discute pas de la nature des influences extérieures ; elle ne statue que sur l'existence ou non d'un conditionnement stabilisant entre deux ou plusieurs variables. Le fait que ce concept ait valu l'attribution du prix Nobel à GRANGER témoigne indirectement de l'importance accordée au conditionnement, à l'exogénéité. J'emploie ici à dessein le terme « indirectement » car c'est certainement plus le raisonnement mathématique qui a séduit l'académisme que la justification économique du concept.

Il en est de même pour le concept de modélisation ARCH de ENGLE. Sur quoi est fondé le raisonnement de ENGLE lorsqu'il s'intéresse à la variance (aux moments d'ordre 2) des processus sinon sur une expression du conditionnement des variables par des manifestations extérieures ? La modélisation ARCH repose sur l'existence d'irrégularités dans la variance des processus provoquées par l'environnement (spatial et temporel), c'est-à-dire non perceptibles dans la partie observable de la variable et contenues dans les éléments résiduels du processus. Là encore, l'attribution du prix Nobel laisse entrevoir un certain intérêt pour la notion d'exogénéité, mais là aussi les développements mathématiques ont été perçus comme très sophistiqués.

Parallèlement à ces développements construits entre la LSE et San Diego, une vision purement américaine de la modélisation dynamique apparaît avec les travaux de SIMS (1972, 1980). Il s'agit de la modélisation vectorielle autorégressive (VAR) qui vaudra là aussi le prix Nobel à son auteur en 2011. SIMS développe un nouvel espace de modélisation circonscrit aux interrelations temporelles entre plusieurs variables (un système). Cependant, cette modélisation – qui sera qualifiée abusivement de *a-théorique* par l'intelligentsia – fonctionne en univers clos et exclut l'environnement du système aux influences irréductibles près. L'intérêt de cette modélisation est de voir dans le temps l'impact des modifications des variables les unes sur les autres (MEURIOT, 2008). Cette information est intéressante lorsqu'on s'intéresse notamment aux répercussions des changements de mesures économiques, ce qui a été l'une des préoccupations majeures de SIMS, macroéconomiste qui a longtemps travaillé au NBER sur les maquettes de l'économie américaine. Notons toutefois que les modèles VAR ne sont que la partie de court terme des modèles à correction d'erreur (SARGAN, 1964) du *théorème de représentation de Granger* dans la cointégration. Ce point d'histoire est intéressant à plusieurs titres : il démontre le manque d'intérêt des Nord-Américains pour la prise en compte de l'environnement dans les systèmes économiques, et même si le concept de cointégration de GRANGER sera publié quelques années après les modèles VAR de SIMS, il est en germe dans les travaux publiés antérieurement par GRANGER et NEWBOLD, HENDRY et ENGLE – qui depuis le milieu des années 1970 ont orienté leurs recherches dans cette direction. Le papier le plus célèbre sur la notion d'exogénéité est sans nul doute “Econometric Modelling of the Aggregate Time-Series relationship between Consumers' Expenditure and Income in the United Kingdom” de DAVIDSON, HENDRY, SRBA et YEO paru en 1978 dans *The Economic Journal* et passé à la postérité comme « le DHSY ». Il est le fruit d'une recherche

entre chercheurs de la LSE. L'origine du concept est donc anglaise, européenne. Dès l'introduction l'objet de la critique méthodologique est posé :

« La diversité des estimations publiées est vraiment surprenante puisque la plupart des chercheurs [Byron (1970), Deaton (1972, 1977), Hendry (1974), Ball et al. (1975), Bispham (1975), Shepherd et al. (1975), Wall et al. (1975), Townend (1976) and Bean (1977)] semblent avoir fondé leurs équations de régression sur des théories économiques similaires et semblent avoir utilisé sensiblement les mêmes données. C'est pourquoi nous voulons expliquer plus précisément pourquoi leurs résultats manifestent des multiplicateurs de court terme, des délais de réaction et des réponses à long terme relativement dissemblables. Il faut examiner dans quelle mesure les estimations sont incompatibles entre elles ainsi que leur incohérence avec les données empiriques. Plus généralement, nous espérons être en mesure de préciser quels aspects de la méthodologie utilisée ont été principalement la cause des différences des résultats publiés. »⁹⁶ [DHSY, 1978, p. 661]

Il faut attendre 1983 pour voir réapparaître une publication sur le thème de l'exogénéité dans le domaine des séries temporelles. Cette fois-ci, le papier est le fruit d'un travail entre HENDRY, RICHARD et ENGLE, et associe donc les États-Unis ou du moins atteste de l'amitié entre HENDRY et ENGLE ainsi que d'une vision partagée de l'économétrie des séries temporelles. Comme l'avait exprimé ENGLE à ses collègues lors de la conférence de l'*Econometric Society* à Vienne en septembre 1977, s'il était convaincu de l'intérêt du concept, il n'était pas convaincu de la façon dont ils l'abordaient. Là encore, dès l'introduction ils annoncent le cadrage épistémologique :

« Depuis que "l'exogénéité" est devenue fondamentale pour la modélisation économétrique empirique, sa conceptualisation, son rôle dans l'inférence, et les tests de sa validité ont fait l'objet de discussions approfondies [...]. Néanmoins, comme l'examen de la littérature (et en particulier les manuels d'économétrie) le révèle rapidement, une définition précise de l'« exogénéité » est insaisissable et par conséquent on ne sait pas exactement ce que l'on entend par *inférence* lorsqu'on découvre qu'une certaine variable est « exogène » quelle que soit la définition qu'on lui donne. Par ailleurs, les raisons qui sous-tendent les divers concepts d'« exogénéité » n'ont pas toujours été explicitement exprimées de sorte que leurs rapports avec les autres notions de "causalité" [...] restent ambigus. »⁹⁷ [1983, p. 277]

⁹⁶ “The diversity of the published estimates is really surprising since most of the investigators seem to have based their regression equations on similar economic theories and seem to have used approximately the same data series. Specifically, therefore, we wish to explain why their results manifest quite dissimilar short-run multipliers, lag reactions and long-run responses. This requires examining the extent to which the estimates are mutually incompatible as well as their in-consistency with the empirical evidence. More generally, we hope to be able to specify which aspects of the methodology used were primarily responsible for creating the differences in the published results.”

⁹⁷ “Since "exogeneity" is fundamental to most empirical econometric modelling, its conceptualization, its role in inference, and the testing of its validity have been the subject of extensive discussion [...]. Nevertheless, as perusal of the literature (and especially econometrics textbooks) quickly reveals, precise definitions of "exogeneity" are elusive and consequently, it is unclear exactly what is entailed for *inference* by the discovery that a certain variable is "exogenous" on any given definition. Moreover, the motivation underlying various "exogeneity" concepts has not always been stated explicitly so that their relationships to alternative notions of "causality" [...] remain ambiguous.”

Les auteurs prennent le parti d'affirmer dès les premiers mots de l'introduction « *Depuis que l'exogénéité est devenue fondamentale pour la modélisation économétrique empirique [...]* ». Or, on sait que le concept ne parvient pas à s'imposer, qu'il ne trouve pas d'écho dans l'académisme. Faut-il reconnaître là la patte de ENGLE qui a toujours eu pour habitude de « persuader l'autre » ? Le fait est que le papier est cette fois publié dans *Econometrica*, la revue la plus prestigieuse de la discipline, bien qu'expurgé à la demande de la revue par rapport aux développements initiaux. Le concept sera entendu, cependant il ne fera pas beaucoup d'adeptes dans les années 1980. Est-ce que le papier sera lu par beaucoup de scientifiques ? D'après HENDRY, les Américains ne lisent pas les papiers et l'accès à la publication dans les grandes revues est de plus en plus *endogamique*. Mais l'année précédente ENGLE a publié dans cette même revue son papier officialisant la modélisation ARCH. Est-ce que son nom, associé à celui de HENDRY et RICHARD, a favorisé l'acceptation du papier ? Le fait est que les publications sur le sujet ne paraîtront plus dans les grandes revues américaines. Le concept s'étirole...

La relation englobante (l'encompassing relationship)

Au fil des années, l'exogénéité prendra de plus en plus d'acuité dans la réflexion de HENDRY. Il est engagé depuis sa thèse dans une analyse critique et réflexive de l'économétrie, même si cette inclination est plutôt rare dans la discipline, notamment aux États-Unis. Les relations amicales qu'il a su créer avec les économètres de San Diego font qu'elle est la seule place universitaire américaine où ce type de réflexion « extra-économétrique » est entendu. En s'inspirant de ses modèles sur l'économie britannique, HENDRY recherche ce qu'il nomme la « congruence » entre la théorie et l'exercice empirique, l'adéquation parfaite. La congruence indique qu'un modèle correspond à la preuve dans toutes les directions de l'évaluation. Fêré d'informatique, il construira plusieurs logiciels afin de donner aux modélisateurs des outils méthodologiques de plus en plus précis pour pratiquer l'économétrie avec le moins d'erreurs conceptuelles possibles.

Sa réflexion part de l'idée que l'influence de l'environnement est indissociable de la réalisation des phénomènes, que cette influence soit historique ou contemporaine. L'idée n'est certes pas nouvelle, HENDRY la qualifie d'ailleurs d'aristotélicienne. Cependant, elle n'a jamais été formalisée dans un cadre statistique.

Parallèlement, les bouleversements sociaux et économiques de l'histoire contemporaine lui ont fait prendre conscience de la non-stationnarité du monde, caractéristique irrémédiable. Mais il n'est pas bayésien et refuse cette vision statistique. Sa réflexion, partagée avec RICHARD dès les années 1970, à laquelle s'associera ensuite ENGLE, l'amène à concevoir une méthodologie originale pour la modélisation : du *général au particulier*⁹⁸ et non l'inverse comme cela est la norme jusque-là. De ce concept naîtra la « encompassing relationship » – la relation englobante – qui sera au cœur de tous ses travaux à venir. Cette vision s'inscrit en rupture du raisonnement économique, de l'épistémologie de la modélisation économétrique.

⁹⁸ L'idée est de réduire les erreurs à partir de l'information contenue et dispensée par les variables du modèle.

Dans les années 1980, la politique de REAGAN et THATCHER renforce la vision néo-classique de l'économie. HENDRY constate alors que les rapporteurs des revues scientifiques deviennent très agressifs envers la notion d'exogénéité, complètement contreproductifs et défendant la seule vision du marché.

« J'ai fait un commentaire dans une conférence, où quelqu'un m'a contesté me disant que j'étais juste un *datamining* et que j'ignorais la théorie économique moderne. Ma réponse était que la théorie économique moderne néoclassique nord-américaine était simplement une propagande anti-communiste. Leur idée était que seul le marché était vrai, qu'il fallait davantage de liberté, davantage de marchés, davantage de dérégulation, etc. Et je leur répondais qu'il n'y avait jamais eu aucune preuve de cela ! (et la crise financière est venue le confirmer). Tout ce qu'ils avançaient était de la propagande anti-communiste. Je suis passé pour un communiste parce qu'ils persistaient dans la liberté à outrance de l'économie. C'est extrêmement regrettable ! Les revues sont devenues un bastion parce que beaucoup de Nord-Américains contrôlent les grandes revues dans lesquelles tout le monde se doit de publier (les Européens aussi). Les personnes qui attribuent le prix Nobel partagent ce point de vue : la pensée « correcte », les travaux d'économie néo-classique. L'exemple de Fama est caractéristique : son prix Nobel a couronné le « tout est efficacité de marché ». Mais que fait-on avec les banques qui perdent des fortunes ? On devrait se dire qu'on s'est trompé. Mais non, on encense le prix Nobel. Et c'est la vision dominante du monde... C'est une vision politique du monde, non une vision sociologique. »⁹⁹

Ces propos de HENDRY sont caractéristiques du durcissement de la pensée économique dans les années 1980 et 1990. La relation englobante est considérée comme un propos communiste. Autrement dit, la réflexion sociologique est rejetée du propos économique scientifique (FOURCADE & KHURANA, 2013). Seul le marché doit organiser la société, c'est-à-dire la concurrence et le libéralisme à outrance. Peu importe que les inégalités s'accroissent, le retour à l'équilibre n'est qu'une affaire de temps (PIKETTY, 2013).

La science (économétrique) subit les conséquences de cette libéralisation :

« [Thomas] Piketty remet en cause le capitalisme et du coup des centaines de personnes ont tenté de prouver qu'il se trompait. Ça c'est de la sociologie, la politique en opérations. Pauvre Thomas ! Beaucoup de personnes sont payées par les grandes sociétés comme Exxon, Shell. Ce n'est plus faire de la science mais c'est payer pour faire ceci ou cela. C'est regrettable que les revues valident ça, ce point de vue politique. Et donc, si la pensée [néoclassique] est juste, nous n'avons pas besoin d'innovation, pourquoi chercher de nouveaux concepts tant que ceux que l'on a servent l'idéologie ? On en revient au XIVe siècle, si vous ne faites pas partie des « anges », vous êtes exclus ; leur politique est : « vous devez croire ça ! Ça c'est juste !... ». C'est pourquoi dans un tout récent papier nous avons critiqué les anticipations rationnelles. »¹⁰⁰

Le sentiment que nourrit HENDRY sur la récupération de la recherche scientifique par la politique n'est pas nouveau. Il en a pris conscience dès les années 1980. Aussi, pour tenter de diffuser le concept de relation englobante, il s'appuiera systématiquement sur les modèles économétriques et leur congruence au monde réel. Dans un entretien donné à ERICSSON en

⁹⁹ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

¹⁰⁰ Propos recueillis lors de mon entretien avec David HENDRY le 8 juillet 2014.

2004, il revient sur l'*approche LSE* et la distinction du mode opératoire entre l'Angleterre et les États-Unis :

« Il y a quatre étapes fondamentales, en commençant par une analyse économique pour délimiter les facteurs les plus importants. L'étape suivante intègre ces facteurs dans un modèle général qui peut également prendre en compte d'autres déterminants potentiels et des caractéristiques particulières pertinentes. Ensuite, la congruence [pertinence] de ce modèle est testée. Enfin, ce modèle est simplifié par une sélection finale congruente dominante parcimonieuse qui englobe le modèle d'origine, garantissant ainsi que toutes les réductions sont valides. [...] Beaucoup d'autres aspects ont suivi, comme le développement d'une taxonomie pour l'évaluation du modèle, l'orthogonalisation des variables, et recommencer l'analyse du modèle général si un rejet se produit. Les développements additionnels ont généralisé cette approche de modélisation des systèmes, parmi lesquels plusieurs (voire toutes) variables sont traitées comme endogènes. La cointégration multiple est facilement analysée comme une réduction dans ce cadre, comme englobant le VAR et comment savoir si un modèle conditionnel implique une réduction valide.

[...] Historiquement, les économistes américains étaient les pragmatiques, mais Koopmans (1947, 1951) semble marquer un tournant. De nombreux économistes américains maintenant dépendent fortement du raisonnement économique abstrait, ignorant souvent les aspects institutionnels et l'hétérogénéité inter-agents, ainsi que les conflits d'intérêts inhérents entre les agents des différents côtés du marché. Certains économistes croient en leurs théories à tel point qu'ils les conservent même lorsqu'elles sont fermement rejetées par les données. Il existe des précédents dans l'histoire des sciences sur le maintien de programmes de recherche malgré les conflits générés par les preuves empiriques, mais seulement lorsqu'il n'y n'avait aucune théorie meilleure. Pour l'économie, cependant, Werner Hildenbrand (1994), Jean-Pascal Benassy (1986) et beaucoup d'autres mettent en évidence des approches théoriques alternatives qui semblent mieux correspondre aux données empiriques. » [ERICSSON, 2004, p. 761]

La relation englobante que défend HENDRY depuis les modèles économétriques signifie donc prendre en compte l'environnement d'un phénomène, environnement sociétal que l'on repère dans les chroniques résiduelles des processus. Pour opérationnaliser la démarche, il a pris le contre-pied de la stratégie scientifique usuelle et procède du *général au particulier* par élimination successive des variables non significatives, toutes sélectionnées à partir d'une théorie admise. Ainsi, à chaque étape de réduction apparaît une notion particulière qu'il convient de vérifier empiriquement (par les tests statistiques) et par la théorie. Il s'agit d'un contrôle systématique de l'information révélée par le modèle à chaque étape de modification, l'environnement y compris. À chaque étape les modèles sont comparés, analysés, et le plus congruent est retenu. Pour HENDRY, c'est bien la seule démarche efficiente étant donné qu'en économie (contrairement aux sciences empiriques) tout le monde dispose du même jeu de données, mais chacun produit un modèle particulier. La multiplicité des modèles interroge : comment, à partir des mêmes données, produire autant de résultats (et donc d'interprétations) différents ? Deux sources possibles : soit le raisonnement économique lors de la sélection des variables est faux, soit la méthodologie de modélisation est fautive. C'est pour rationaliser la démarche que HENDRY a proposé de travailler du *général au particulier* et donc d'intégrer une vision englobante du monde dans les modèles.

La rationalité de la démarche est patente pour qui s'intéresse à la modélisation *véritable* de l'économie. J'exclus donc ici les exercices de style de plus en plus nombreux dans les publications qui s'appuient sur une problématique économique incohérente ou qui utilisent une méthodologie fantasque ; malheureusement, ce type de travail est de plus en plus souvent fréquent et publié y compris dans les grandes revues, et on a bien souvent l'impression de revenir à la préscience du XVIII^e siècle décrite si délicieusement par BACHELARD (1934) ! Emboîtant le pas sur la relation englobante de HENDRY, j'ai écrit un article à partir de mes convictions personnelles sur la vision (nord-américaine) erronée de l'économie. J'en livre ici un extrait, significatif de mon adhésion à la pensée de HENDRY :

« L'étude de stationnarité n'est donc pas neutre. Elle caractérise la structure de la série ainsi que son comportement au cours du temps. Si on considère qu'une variable économique est stationnaire alors qu'elle ne l'est pas, on mesure alors les écarts induits en termes de politique économique, les erreurs potentielles des décideurs politiques. Cela revient, par exemple, à considérer que le chômage est volontaire (série stationnaire) lorsqu'il est structurel (non stationnaire). On comprend ici l'importance de cette étape de caractérisation de la nature des variables. HENDRY résume cette situation en démontrant le caractère non stationnaire de l'économie :

« Finalement, les économies semblent enclines aux changements de régimes, aux ruptures structurelles et aux innovations technologiques et financières qui nécessitent l'adaptation et l'apprentissage par les agents économiques. Tous ces phénomènes entraînent différentes formes de non-stationnarités, qui nécessitent une modélisation empirique soignée si les paramètres invariants doivent être établis, mais n'empêchent pas en eux-mêmes, de le faire. » (HENDRY 1995, p. 187)

Ainsi que l'indique HENDRY, l'état stationnaire de l'économie n'est pas réaliste. Le système économique n'est pas structuré spontanément par ce continuum d'équilibre. Que la recherche d'équilibre de long terme soit la quête de la théorie de l'équilibre général est une chose ; que cette finalité structure le paradigme économique semble quelque peu abusif. Il y a là une incohérence conceptuelle qu'il est possible d'exprimer par analogie aux fondements de l'économétrie des séries temporelles.

« II.2 – La non-stationnarité comme « relation englobante » de l'économie

Il serait stérile de chercher à renverser la primauté de l'équilibre général au seul motif de l'hétérodoxie économique. Comme l'ont très justement écrit DUMENIL et LEVY :

« La tentation de s'en tenir à une méthode et de rejeter les autres d'entrée de jeu est appauvrissante. L'attitude opposée, l'éclectisme, c'est-à-dire l'utilisation simultanée, ou selon les circonstances, des différentes approches sans chercher à les confronter, n'est pas non plus fructueuse. Si, dans un domaine particulier, on considère que plusieurs méthodes peuvent être utiles, il faut en trouver un mode de combinaison qui garantisse leur cohérence. Ce processus d'articulation ne se fait pas sans dégâts. Certaines méthodes doivent être rejetées, ou considérablement transformées.

[...]On notera, enfin, que l'articulation non structurelle exclut la notion d'unification. Les contenus des théories élémentaires restent différents. Le principal intérêt d'un super-modèle

englobant, par exemple, micro- et macro-économies, serait de montrer que l'exercice est possible (donc que les théories sont vraiment compatibles). Mais ce super-modèle ne serait pas plus fondamental que n'importe quel autre. » (DUMENIL et LEVY 1995, p. 304-305)

Il importe en revanche d'affiner notre compréhension de cette intrication inter-temporelle entre la théorie de l'équilibre général et les autres courants de l'économie. L'hétérodoxie n'existe que parce que l'équilibre général est le socle paradigmatique de l'économie. Cette dualité peut cependant être dépassée par une relation englobante, par un paradigme englobant donc supérieur. À l'instar de la mécanique quantique qui est fondée sur la dualité onde-corpuscule, il est possible de raisonner en termes de complémentarité et non plus de dualité. La poursuite de ce parallèle disciplinaire est certainement éclairante. Si, par analogie, le corpuscule est incarné par la théorie de l'équilibre général et l'onde par l'*ad hocité* telle que définie par AMABLE, BOYER et LORDON (1995), alors il est possible d'instaurer une complémentarité en lieu et place de la dualité actuelle à condition de déplacer notre fenêtre temporelle d'observation de l'économie. La dualité orthodoxie / hétérodoxie n'existe que dans le temps court. Ainsi, l'équilibre général – donc de long terme – n'est réalisable que ponctuellement. L'équilibre, en économie comme ailleurs, n'est jamais qu'un point du temps pendant lequel des forces contraires ont la même intensité. Cette égalisation des forces ne peut être qu'un point dans une vision dynamique. La statique – en économie tout du moins – n'est qu'une illusion ; elle n'a de réalité qu'à condition de faire abstraction de l'environnement économique, dynamique par définition. D'où l'importance de l'hypothèse *ceteris paribus* si chère à la théorie de l'équilibre général. Cette condition annule les effets dynamiques de l'environnement économique et permet ainsi d'envisager l'équilibre général (ou des différents marchés) comme un équilibre de long terme, ce qui demeure un abus conceptuel, voire une hérésie. L'équilibre général ne peut constituer une loi au sens épistémologique puisqu'il n'a aucune permanence, aucune réalité permanente. Qu'il constitue une finalité pour certains économistes, soit. Mais cette finalité ne peut raisonnablement être érigée en paradigme scientifique, même en sciences humaines.

À l'opposé, l'équilibre général est battu en brèche par une hétérodoxie plurielle, chaque courant hétérodoxe s'appuyant sur une insuffisance particulière de la théorie de l'équilibre général (l'*ad hocité* de AMABLE, BOYER et LORDON). Contrairement à la théorie de l'équilibre général, on raisonne là en dynamique en adossant les développements scientifiques à l'historicité. L'économie s'inscrit donc pleinement dans sa dimension temporelle. Cette vision holistique de l'économie témoigne de sa non-stationnarité et remet complètement en cause le paradigme ambiant. Les descriptions de l'économie qui découlent de la conception hétérodoxe sont partielles en ce sens que chaque courant apporte une explication théorique à un domaine particulier de la discipline.

Ainsi, ce qui se voulait être une analyse de long terme (l'équilibre général) n'a de réalité qu'en un point du temps, tandis que la réalité économique se décline par succession de temporalités de court terme. Il y a là une incohérence entre états de l'économie et temporalités. Cependant, le paradigme néo-classique s'est imposé depuis plus d'un siècle.

II.3 – Éléments de réflexion pour dépasser la controverse paradigmatique

Malgré la synthèse néo-classique, réalisée pourtant dans la première moitié du siècle dernier, la polémique perdure parmi les économistes. Cette dualité n'existe que dans une certaine temporalité. Parce qu'on a érigé l'équilibre général en loi, on lui a assigné – à tort – une a-

temporalité (*via* la condition *ceteris paribus*), si bien que le caractère intrinsèquement statique de l'équilibre est devenu un état permanent, contraignant et annihilant toute dynamique structurelle. À l'opposée, les courants hétérodoxes intègrent la dimension historique et décrivent une économie dynamique qui, depuis KEYNES, raisonne sur une succession de périodes de court terme. Pourtant, cette suite périodique constitue l'évolution de long terme de l'économie. Il y a donc une substitution singulière des temporalités entre les différentes conceptions de l'économie, due à la volonté d'ériger l'équilibre général comme *la* théorie fondamentale de l'économie. Si nous reprenons notre parallèle avec l'économétrie des séries temporelles, il y a donc eu méprise sur la nature stationnaire de la variable « économie ». Pour asseoir l'équilibre général en loi, en paradigme, on a contraint la dimension dynamique de la discipline. Cette dynamique a été réduite au mieux à un processus d'ajustement instantané qui, en univers discret, semble (seulement) conférer à la variable « économie » une structure stationnaire, une structure d'équilibre à long terme. *A contrario*, les différents courants hétérodoxes n'ont pu exister qu'en épousant les formes de la non-stationnarité telles que la théorie du déséquilibre, la théorie de la régulation, la théorie des conventions, etc., apparues pour nombre d'entre elles dans les années 1970.

Ces digressions nous amène à nous poser la question des conditions d'une unification de toutes ces théories concurrentes, de la dualité orthodoxie/hétérodoxie, en termes épistémologiques. L'erreur structurelle que nous constatons par analogie avec l'économétrie des séries temporelles nous renvoie à l'*adéquation de l'échelle temporelle*. Il semble que cette polémique puisse s'évanouir à condition que nous raisonnions l'économie dans une fenêtre temporelle plus large, ce que HENDRY nommait la « relation englobante » en 1995. Après s'être posé la question de la pertinence de l'économétrie comme science (HENDRY 1980, 1993), il parvient à la conclusion que l'économie subit les conséquences d'une mauvaise analyse structurelle de stationnarité : « Il existe naturellement d'importantes différences entre les sciences sociales et les autres [...] aussi à cause de la nature hautement évolutive et non stationnaire du comportement économique. » (HENDRY 1995, p. 187). La relation englobante prend alors la forme d'une échelle temporelle plus large afin de confirmer la nature intrinsèquement non stationnaire de l'économie (la loi) et d'intégrer l'équilibre général comme une manifestation essentiellement ponctuelle. Ainsi, les temporalités sont réajustées à leurs objets, l'hétérodoxie peut coexister avec l'orthodoxie chacune trouvant sa justification dans une configuration particulière de l'économie. » [MEURIOT, 2014]

Cette relation englobante est donc le cœur de la rationalité de l'économétrie des séries temporelles, si ce n'est de l'économie tout entière. Seul ce concept peut guider l'économie dans une direction congruente avec l'économétrie tout d'abord, mais surtout avec l'ensemble des sciences humaines. Le constat peut sembler très philosophique ainsi posé, mais il est simplement évident pour la progression des sciences humaines et sociales. Tant que l'économie se fermera à cette évidence, elle ne pourra remplir son contrat social qui est de répondre aux questions des gouvernants et des sociétés, et de produire « un monde plus juste ». Plus elle s'enfermera dans cet illogisme patent, plus l'économétrique s'éloignera de sa propre rationalité produisant des recherches de plus en plus incohérentes au seul motif d'une rentabilité financière, politique et économique (LEBARON, 2013). Mais si l'économie souhaite rejouer le mythe de Faust, je ne peux pas la suivre. Mes convictions de la nécessité d'une vision englobante du monde économique m'ont (logiquement) conduite vers la sociologie. Et la sociologie est une discipline englobante.

« En économie comme ailleurs, la science ne consiste pas en un affrontement de vérités qui se voudraient éternelles – laissons cela aux théologiens – mais en une quête permanente d'un peu de compréhension dans un monde et dans des sociétés qui ne cessent d'évoluer. »
[PASSET, 2010, p. 18]

L'entretien que HENDRY m'a accordé en juillet 2014 est venu confirmer de nombreuses intuitions – sinon convictions – que j'avais formulées sans pouvoir vraiment les publier. Aujourd'hui je comprends pourquoi. La détermination et la sagacité du personnage en font pour moi le guide à suivre dans la discipline, au même titre que GRANGER et ENGLE avec qui il a renouvelé le champ scientifique des séries temporelles dans les années 1970 lorsqu'ils ont compris que la théorie économique était en déphasage par rapport à la réalité économique et sociale. Aujourd'hui, HENDRY s'est totalement investi dans la *New Economic Thinking* qu'il a initié à Oxford, puis dans quelques autres universités à travers le monde. À nouveau, il s'affranchit des dogmes de l'économie et trace un *nouveau* sillon sur ses seules convictions.

Lors de notre entretien, HENDRY est venu confirmer mon hypothèse d'une période esthétique dans les séries temporelles depuis cette explosion des concepts à partir de 1974. Il attribue la responsabilité aux revues, et notamment aux revues américaines :

« Je pense que c'est en partie dû à l'attitude des Américains : « publish or perish ». Et d'autre part à l'exigence des revues qui demandent un niveau de technicité de plus en plus élevé. Donc les gens sont amenés à faire des choses extrêmement techniques sur des sujets complètement non pertinents pour être publiés, parce que les revues ne sont pas concernées par la pertinence mais par la sophistication : « est-ce que c'est vraiment sophistiqué et est-ce que la sophistication mathématique est vraiment correcte ? » Dans ce cas, vous êtes publiés. Mais si vous avancez de nouvelles idées ou de nouveaux concepts, ça ne les intéresse pas. Je pense que c'est en partie lié au « publish or perish » des Américains. Ils regardent combien de papiers vous avez publiés, combien dans les *top* revues... Mais en fait personne ne lit les papiers. C'est quelque chose dont il faut tenir compte. Ils regardent le nombre de citations des papiers, pas les autocitations mais les citations par les autres. Il y en a peu, n'est-ce pas. Les papiers sont très souvent des papiers inintéressants. Les rapporteurs ne regardent pas la cohérence économique (les hypothèses faites) du papier mais seulement les mathématiques. La technique doit être sophistiquée. [Les auteurs] ne regardent pas la cohérence économique mais seulement les résultats économétriques, je suis d'accord avec vous. Et ils construisent des murailles énormes et si vous essayez de les attaquer, on vous répond « non ! non ! non ! On ne va pas publier ça ! ». Et c'est ce que l'on voit dans les rapports... Mais les mathématiques pures ne sont d'aucune utilité pour l'économie, mais c'est ce que veulent les revues. Est-ce que des mathématiques brillantes sont adéquates pour révéler la réalité ? Non. C'est inquiétant pour l'avenir... »

L'économétrie est donc entrée dans une période esthétique effectivement induite par le pan mathématique de la discipline. Le renforcement de la théorie néo-classique depuis plus de deux décennies en est responsable. Les lois du marché ne convergent plus vers l'équilibre, du moins vers un équilibre de bien-être social. Les justifications au maintien de ce paradigme ne

peuvent effectivement venir que d'une super-mathématisation de l'économie, un *bruit* de scientificité, qui consacrerait certains économistes au rang de « hauts scientifiques ». Mais comment parler de *science économique* lorsque la cohérence primaire – la problématique économique du monde réel – est abandonnée au profit de développements mathématiques abscons, nouvel étalon de la discipline ? Ce constat, confirmé par HENDRY, me conduit à m'orienter vers plus de cohérence intellectuelle et, par conséquent, à sortir du strict champ mathématique (économétrique ?) pour entrer dans celui de la sociologie qui me semble beaucoup plus pertinent pour poursuivre une recherche économique « raisonnée et raisonnable ». L'économie, et l'utilisation des séries temporelles qu'elle suggère, ne m'intéresse pas, me heurte en bien des endroits. Je ne me sens plus en phase avec cette économie, si ce n'est à porter un regard critique et réflexif. Mais cette posture est rejetée par les économistes. Aujourd'hui, mon souhait d'entrer dans la sociologie (économique) est parfaitement raisonné ; il est le fruit d'une longue réflexion. Et j'ai parfois le sentiment d'avoir fait l'apprentissage de l'économie et de l'économétrie des séries temporelles dans le seul but d'atteindre un jour la sociologie de l'économie, mais dans une acception compréhensive. Ces quelques lignes de SIMIAND résument mon sentiment :

« Est-ce qu'ici comme ailleurs la connaissance des causes d'un phénomène et des lois qui le régissent n'est pas la base indispensable à la pratique qui veut agir sur lui, si d'empirique elle veut devenir rationnelle ? Est-ce que dans notre objet, comme dans ceux où la distinction et la dépendance sont dûment établies, science ne précède pas et ne conditionne pas science appliquée ? » [SIMIAND, 1912, p. 183-184]

2.6 Économétrie des séries temporelles et sociologie : de la logique du tiers inclus à la transdisciplinarité

2.6.1. François SIMIAND : un projet de recherche unificateur

La lecture des travaux de François SIMIAND a été sans nul doute le catalyseur dans mon orientation vers la sociologie. Sociologue, économiste et historien du début du XXe siècle (STIENER, 2001 ; FROBERT, 2000), son travail s'inscrit pleinement dans cette démarche épistémologique de la *relation englobante*, cette cohérence scientifique par l'intégration de l'univers social dans la sphère économique (STIENER, 2005). Et c'est bien dans cette veine-là que j'ai toujours conçu mes recherches depuis ma thèse. J'en veux pour preuve un article que j'ai écrit en 1994 dans lequel je proposais une réflexion méthodologique sur l'ancienne et la nouvelle économétrie, soit l'économétrie structurelle et les séries temporelles modernes. Ce papier présentait le virage du raisonnement scientifique non plus comme une opposition – ce qui était la démarche adoptée à l'époque – mais comme une nécessaire complémentarité au plan scientifique. Ce papier a été rejeté pour des raisons « collatérales »¹⁰¹ ; c'est aussi le dernier que j'ai écrit avant de m'éloigner de la recherche pendant de (trop) nombreuses années. Dès que je suis revenue dans le monde de la recherche en 2007, j'ai repris ce papier, que j'ai actualisé. J'ai eu l'opportunité de le transmettre à Alain DESROSIERES : le papier a finalement été publié en 2008 dans la revue *Mathématiques et Sciences Humaines* (MEURIOT, 2008).

La démarche de SIMIAND est séduisante à plusieurs titres. Elle s'inscrit dans une économie radicalement sociologique en observant la cohérence de la relation englobante. Elle est d'une grande clairvoyance, mais en avance sur son temps – ce qui explique sans doute la frustration que l'on perçoit dans l'écriture. SIMIAND fait souvent référence à des méthodes qui n'existaient pas *encore*, comme l'économétrie des séries temporelles qui aujourd'hui serait capable de répondre à bien des questions qu'il se posait au début du XXe siècle (GISLAIN et STEINER, 1995). Ainsi, *déterrer* les travaux de SIMIAND aujourd'hui *fait sens* et *fait science* à la lumière de l'économétrie des séries temporelles modernes.

Les écrits de SIMIAND sont révélateurs d'une préoccupation scientifique globale, mêlant la méthode à sa vision de l'objet. Son texte *Méthode historique et sciences sociales* de 1903 est éclairant à bien des endroits. J'en livre quelques extraits parmi les plus éloquentes pour un économètre :

« Il n'y a rapport causal [...] que s'il y a régularité de liaison, que s'il y a renouvellement identique de la relation constatée ; le cas unique n'a pas de cause, n'est pas scientifiquement

¹⁰¹ Je présentais le concours de l'agrégation universitaire cette année-là, et ne connaissant pas encore la composition du jury, j'ai envoyé l'article à la revue *Économies & Sociétés* dont l'éditeur était Pierre Morin qui devait faire parti du jury d'agrégation. Il ne pouvait publier un papier d'un postulant au concours...

explicable. L'affection des méthodologistes de l'histoire pour cette détermination du Zusammenhang ainsi entendue, vient, sans doute, de ce que l'ensemble d'une société leur paraît chose plus concrète, plus réelle qu'une institution, qu'un phénomène social pris à part : en réalité ce lien d'ensemble est aussi bien une abstraction qu'est abstraction l'individu organique, et qu'est abstraction tel ou tel phénomène social. Mais cette notion, mal analysée, permettait de continuer le groupement traditionnel des faits humains par pays, par nation, par unité politique : de là cette justification de la description totale, intégrale, d'une seule société, cette défense de l'étude globale de tous les phénomènes sociaux contre un plan d'étude analytique et comparatif. » [SIMIAND, 1903, p. 138]

Notons que dans la dernière phrase de l'extrait, SIMIAND anticipe la logique du tiers inclus – le dépassement de l'analyse duale – notion qui n'existe pas encore : les textes de LUPASCO ne seront publiés qu'en 1947 et 1951.

Ou encore :

« Il se peut que semblable recherche paraisse dangereuse et chimérique à cet empirisme timide, tatillon, irraisonné, volontairement clos, enfermé dans une tâche traditionnelle, qui préside trop souvent aux seuls travaux dits d'érudition. Cependant une seule œuvre de cette sorte, menée à bien, apprendrait plus sur l'homme et la société qu'une accumulation indéfinie de "contributions" stériles. Nous avons à dessein reproduit cet exemple pour montrer suivant quel mode se transposent en recherches scientifiques les "problèmes" posés par l'histoire. Mais il convient d'ajouter aussitôt que l'esprit d'élaboration scientifique aurait sans doute à éliminer beaucoup des soi-disant problèmes historiques, soit comme ne se posant pas dans les termes donnés, soit comme ne pouvant être traités pour le moment avec fruit. Aucune des sciences, même les plus avancées, ne s'attaque à n'importe quel objet, à n'importe quelle question dans le domaine des faits qui lui ressortissent. Toutes n'ont fait quelques progrès qu'à la condition de se limiter d'abord aux phénomènes les plus nets, aux relations les plus simples, les plus commodes à établir, et ne se sont approchées que peu à peu des relations plus complexes. Dans le stock de faits qui est accumulé présentement par la discipline historique, il en est beaucoup sans doute qu'il faut se décider méthodiquement, soit à éliminer, soit au moins à mettre en réserve pour le temps d'une science plus forte. L'effort doit se concentrer sur les tâches susceptibles d'un résultat immédiat, et la méthode s'éprouver et s'affermir sur des problèmes dès maintenant accessibles. » [SIMIAND, 1903, p. 153]

Mais nous ne sommes qu'en 1903 et l'économétrie n'existe pas encore en tant que telle. Les rapprochements avec l'économie sont balbutiants même si l'idée d'une interdisciplinarité méthodologique est réellement présente et relativement aboutie chez SIMIAND :

« Ainsi, en ces directions transitoires, comme dans l'œuvre idéalement tracée, le souci dominant doit être de substituer à une pratique empirique, mal raisonnée, une méthode réfléchie et vraiment critique. Je répète encore que je ne crois pas à une réformation soudaine, par cela seul que le but aura été défini et accepté. Mais je crois qu'en fait, dans le travail propre des historiens actuels, dans le choix et l'agencement très étudiés de leurs travaux, dans leur préoccupation manifeste de renouveler leur œuvre en profitant des progrès faits par les disciplines voisines, se manifestent déjà beaucoup de tendances à substituer progressivement à la pratique traditionnelle une étude positive, objective du phénomène

humain susceptible d'explication scientifique, à diriger l'effort essentiel sur l'élaboration consciente d'une science sociale. Amener ces tendances à l'acte sera, je l'espère, l'œuvre de la nouvelle génération. » [SIMIAND, 1903, p. 157]

L'expression de la nécessité d'une relation englobante pour comprendre le monde économique est encore plus patente dans *La méthode positive en science économique* de 1912 :

« La méthode positive, consciemment appliquée à la matière économique, replacera à leur rang et ramènera à leur valeur les résultats obtenus, – souvent non dégagés en leur vrai sens, – par le travail économique accompli à ce jour. Il resterait, après cette présentation par opposition avec d'autres, à en faire une présentation directe. Elle s'est heurtée et se heurte encore à des objections ou à des préjugés ; elle se heurte notamment aux arguments, peu renouvelés depuis Stuart Mill, que l'expérimentation en matière sociale est difficile, sinon impossible, et en tout cas tout à fait incapable de conduire à des résultats concluants qui aient valeur de loi ou seulement de régularité. Aucun de ces arguments n'est sans réplique, en droit. Mais, en l'espèce, il n'est pas de meilleure réplique que celle du fait, c'est-à-dire de montrer, en marchant, que le mouvement est possible. C'est à quoi s'appliquent et s'appliqueront les travaux qui s'inspirent de cette méthode : j'ai, pour ma part, confiance qu'ils y réussiront.

[...]Mais, à travers ces différences, et de préférence à ces autres arguments, la thèse capitale et décisive m'apparaît être qu'en *fait*, tous ces phénomènes, religieux, juridiques, moraux, économiques, ont, dans la réalité offerte à notre étude, le caractère essentiel d'être d'abord et avant tout des phénomènes sociaux, et que la méthode positive, pour en aborder la connaissance et l'explication, sera, pour les uns et pour les autres, nécessairement et identiquement une méthode sociologique. » [SIMIAND, 1912, p. 204-206]

Toutes ces lectures des travaux de SIMIAND ne peuvent que me confirmer dans mon choix de poursuivre mes travaux de recherche en sociologie. Comment ne pas être sensible à sa démarche englobante (et sa critique de la théorie néo-classique) quand j'ai adopté moi-même cette posture dans mes travaux ? Comment ne pas être sensible à son sentiment d'impuissance face aux méthodes dont il avait l'intuition mais qui n'existaient pas encore ? Ma vision de l'économétrie des séries temporelles me convainc que l'on peut – et que je dois – aujourd'hui reprendre les questionnements de SIMIAND et tenter de les modéliser à partir des concepts des séries temporelles modernes. Ces méthodes sont capables d'historiciser (sur un plan statistique) parce qu'elles sont fondées sur la mémoire des séries. La mécanique statistique utilisée dans les séries temporelles sait aujourd'hui distinguer entre la structure intrinsèque de la série et les *bruits* créés par l'environnement. Bien sûr, la difficulté réside dans la disponibilité des données.

Le projet SIMIAND

Depuis mars 2014, nous avons mis en place un groupe de travail avec les sociologues Frédéric LEBARON et Pierre BLAVIER, et le mathématicien Michel FLIESS de l'École Polytechnique. Cette association pluridisciplinaire s'est donné pour objet de reprendre les travaux de SIMIAND à la lumière des méthodes statistiques d'aujourd'hui dans le but d'élaborer une méthodologie spécifique à la modélisation temporelle en sciences sociales. Le projet est certes ambitieux, et nous ne sommes pas les premiers à nous lancer dans cette aventure. Mais a-t-on déjà tenté d'utiliser les séries temporelles sur les données sociales ? L'exercice ne se résume pas à ces seules méthodes. L'idée est bien de construire une architecture de méthodes, semblable à une arborescence, en associant les méthodes d'analyse de données de type ACP et les méthodes des séries temporelles, sélectionnées en fonction de la nature des variables, des systèmes analysés, des hypothèses formulées et des objectifs fixés. Voici une première ébauche de réflexion à partir des séries temporelles :

Une réflexion sur l'adaptation du modèle économétrique de séries temporelles en sociologie

À partir du modèle de séries temporelles :

$$\text{Variable à expliquer} \leftarrow (Y_t) = \alpha + \beta t + \sum \delta_i X_{it} + \varepsilon_t$$

On a ici la partie déterministe, soit l'ensemble des variables explicatives y compris le temps (l'influence du temps). L'estimation du modèle produit une pondération pour chacune des variables dans l'explication de la variable à expliquer.

Les variables explicatives sont sélectionnées selon leur degré d'implication dans le phénomène à expliquer. Il s'agira donc de la structure fixe du modèle.

On a ici la partie résiduelle, soit l'ensemble des phénomènes marginaux :

- Conditionnés par les autres variables (explicatives et à expliquer) : il y a là aussi les variables omises dans l'hypothèse proposée à l'estimation,
- Les autres phénomènes purement marginaux et indépendants du reste du modèle

La partie déterministe du modèle, sur *données agrégées*, reflète la structure sociale de la population observée. Les variables repérées comme explicatives sont des conditionnements dans l'apparition du phénomène à expliquer. C'est l'influence du « conventionnalisme » des institutions que l'on perçoit dans la partie déterministe pour autant que les variables

explicatives aient été sélectionnées sur la base d'éléments « admis par tous », donc par la société.

La partie résiduelle (le résidu de la régression), représente par opposition les « libertés » des agents en marge de la structure, ou tout ce qui échappe au déterminisme produit par les institutions. En économie, ENGLE a utilisé cette partie résiduelle pour explorer les comportements d'anticipation des agents (structures de type ARCH). Donc, il faut exploiter ce résidu pour comprendre le degré d'indépendance, de marginalité, dans la population.

S'il y a encore des structures type ARCH dans ce résidu, c'est qu'il y a des sous-groupes forts qu'on peut analyser en endogène (lié à la structure sociale dans sa partie non prise en compte dans le modèle) / exogène (marginalité plus ou moins indépendante des effets de la structure sociale). S'il n'y a plus de structure dans cette partie résiduelle, c'est qu'il n'y a plus de domination (d'influence) exogène pure.

Depuis le début de mes recherches, je reste obsédée par la signification de ce résidu qu'on appelle ε_t et sa capacité à nous informer... Ce résidu est généralement compris dans l'intervalle entre un bruit-blanc et un processus temporel différent de celui qui domine la série. Si après identification de toutes les structures déterministes possibles sur les variables d'un système économique, certaines chroniques résiduelles obéissent à une même « chose » statistique, alors nous sommes en présence d'un conditionnement indirect et externe du système observé. Il est particulièrement intéressant de voir combien cette chronique résiduelle prend sens avec des données sociologiques. Ainsi, peut-on envisager une méthodologie pour les sciences sociales à partir des séries temporelles, bien que tout cela ne soit encore qu'à l'état de projet :

Esquisse d'une méthodologie spatio-temporelle pour les données sociologiques

1. LES CONTRAINTES :

- Tenir compte à la fois de l'espace (groupes sociologiques) et du temps (histoire).
- Disposer de données quantitatives temporelles longues et de même périodicité.

2. LA DEMARCHE :

- *Traitement préalable des chroniques*

Tests de racine unitaire (cycles, tendances, mémoire) pour connaître l'évolution intrinsèque de chaque variable. On peut conduire des tests de *causalité au sens de Granger* sur les séries (prises deux à deux) pour caractériser la population totale. Les mêmes étapes seront conduites, une fois les groupes constitués, pour chaque variable. On pourra donc parallèlement mener une étude par variable, par facteur : évolution particulière de la variable dans un groupe particulier.

- *Analyse des données* (ACP, AFCM)

Moins fruste que certaines méthodes de classification qui travaillent à partir d'une variable discriminante « imposée ».

Recompose les groupes dans l'espace en fonction d'un facteur principal repéré statistiquement, donc produit une base d'analyse moins subjective que la classification. Ne jamais oublier qu'on travaille sur de la modélisation, donc sur des extractions partielles de la réalité.

- *Séries temporelles sur les groupes*

Brosse l'historique commun du groupe \Rightarrow chaque groupe aura son histoire (collective). Si plusieurs groupes ont la même histoire, alors on est sur une discrimination relative : soit une variable mineure dans la construction des groupes, soit une (des) variable(s) qui conditionne(nt) indirectement l'apparition des groupes.

Chaque groupe a sa « couleur » spatio-temporelle. Le groupe est « historicisé ».

- *Comparaison des résultats*

- ✓ Confronter les régressions temporelles de chaque groupe par rapport à la régression temporelle de l'ensemble de la population \Rightarrow reproduire un mapping des clusters (ici les *groupes historicisés*) par rapport au barycentre de la population – considérant que ce barycentre est virtuel (*artefact* mathématique) – n'existe pas dans les groupes : résultat « en moyenne » sur l'ensemble d'information.

- ✓ Comparer les mappings de départ et d'arrivée pour comprendre ce qui a fait évoluer les positions relatives des groupes \Rightarrow analyser les déplacements des groupes au cours de l'histoire, les uns par rapport aux autres : caractériser l'évolution historique des groupes.

- *Procéder à une modélisation vectorielle autorégressive* (VAR de SIMS) à l'intérieur de chaque groupe pour évaluer les sensibilités particulières des variables (dynamiques : fonctions de réponse impulsionnelle) : permettrait de dresser une « carte d'identité » du groupe.

L'intégration des séries temporelles en sociologie de l'économie n'a rien d'incongru. Bien au contraire, étant entendu que les séries temporelles modernes ont été pensées pour modéliser les phénomènes économiques de façon plus adéquate avec la réalité économique, alors leur utilisation sur les phénomènes sociaux doit apporter une meilleure description, une meilleure compréhension, de ceux-ci. Elles peuvent apporter l'historicisation des données et étendre la perception des phénomènes sociologiques dans la dimension temporelle. C'est bien là l'objet de la sociologie économique, telle que pensée depuis les années 1970 (LEBARON, 2002).

Les motivations qui animent ce programme de recherche s'inscrivent globalement dans l'ouverture des phénomènes sociaux à la relation englobante et par l'interdisciplinarité. Les écrits de SIMIAND mettent en exergue la nécessité de prendre en compte la complexité du comportement des agents économiques et du monde – ce que ne faisait (ni ne fait complètement) la théorie économique néo-classique. Le projet SIMIAND se propose donc de réaliser cette nouvelle façon d'appréhender des phénomènes sociologiques dans leurs temporalités afin de comprendre les évolutions des comportements dans toutes leurs dimensions, y compris les moins saillantes. Ces informations inédites (et non exploitées de fait), issues de l'ensemble de l'environnement, seront une aide précieuse pour le travail du sociologue. Elles participeront au dépassement des éléments de la théorie néo-classique, comme le souhaitait et le réclamait SIMIAND. Les méthodes nécessaires à ce travail me semblent aujourd'hui correspondre à une association entre les séries temporelles et les analyses de données plus usuelles en sociologie.

2.6.2. *De la relation englobante à la logique du tiers inclus*

La difficulté d'intégrer l'économétrie des séries temporelles dans l'analyse sociologique relève davantage d'une question épistémologique que méthodologique. La technique est éprouvée et elle peut s'adapter *a priori* à n'importe quel phénomène relatif aux sciences sociales pourvu que les données aient les caractéristiques d'une série temporelle : suffisamment longues dans le temps, des observations de même périodicité. La question épistémologique renvoie à une interrogation sur l'intérêt de la démarche temporelle.

Intégrer la dimension temporelle en sociologie induit de nouvelles incidences qui ne sont généralement pas abordées en économie. Le fait de remettre l'action de l'individu au cœur de la manifestation d'un phénomène déplace l'analyse vers un espace plus vaste que la simple observation du phénomène : elle l'historicise et lui donne ainsi une valeur compréhensive qui s'appuie sur l'évolution multidimensionnelle du phénomène. Alors que l'économie ne s'intéresse bien souvent qu'aux seuls résultats de la partie déterministe du phénomène, l'ouverture à la sociologie nous conduit à nous intéresser à la globalité des résultats et notamment aux formes de la partie résiduelle (stochastique) composée par la diversité des contingences relatives à l'action et au comportement de l'individu. La singularité du travail est alors de tenir compte de ces effets marginaux autant que des autres manifestations. Nous rejoignons là les questions d'exogénéité, de relation englobante telle que pensée par HENDRY. La notion de relation englobante souligne en creux l'irrationalité qu'il y a à ne s'intéresser qu'à la partie déterministe d'un phénomène, parce que sa manifestation et son évolution sont

également corrélées à tout un ensemble de facteurs indirects, secondaires, marginaux. Ainsi, au plan analytique on doit « accorder autant d'importance » à la partie résiduelle qu'à la partie déterministe. Or, ce n'est pas la pratique courante en modélisation dont l'objet est de reproduire synthétiquement ce que l'on observe depuis un certain point de vue à l'instar du peintre qui couche sur la toile sa perception d'une réalité sans chercher à atteindre l'exhaustivité. Accorder autant d'importance aux manifestations marginales que principales signifie qu'il nous faut changer nos pratiques d'analyses, tout du moins les pratiques de modélisation par les séries temporelles. Le raisonnement dual classique doit être dépassé. Le modèle ne doit plus être appréhendé comme une estimation probabilisée assortie d'un résidu mais comme une seule et même réalité complexe.

Accorder autant de poids à la partie résiduelle qu'à la partie déterministe n'est pas la démarche standard dans la logique scientifique. Pourquoi et comment ériger cet « ϵ_t » au même rang que les manifestations plus évidentes ? Au *pourquoi* nous répondrons que l'action individuelle est une réalité, et que par l'agrégation des comportements il est fort probable qu'une disparité émerge. Et c'est bien là toute la différence entre l'analyse économique mécanique (de marché) et l'analyse sociologique.

Quant au *comment*, nous répondrons par la notion de logique du tiers inclus de LUPASCO (1947, 1951) qui nous semble, aujourd'hui, l'une des pistes les plus adéquates. Cette logique a été pensée pour prendre en compte la réalité complexe du monde. Contrairement à la logique classique du tiers exclu qui raisonne selon des couples contradictoires – A vs non-A, vrai vs faux, etc. –, la logique du tiers inclus raisonne selon le principe de non-contradiction. Elle utilise la notion de causalité globale au lieu de celle, classique, de causalité locale. La causalité locale s'appuie sur le principe de discontinuité des interactions, tandis que la causalité globale introduit une modification pérenne entretenue par la vision systémique – et donc globale – du monde (le tout est supérieur à la somme des parties). Les ruptures induites par la discontinuité des interactions sont transmuées en une autre réalité, non perceptible en l'état, dès lors qu'on se déplace vers une causalité globale. Cette modification s'opère par le principe de non-séparabilité.

« En tout cas, la non-séparabilité quantique ne met pas en doute la causalité elle-même, mais une de ses formes : la causalité locale. Elle ne met pas en doute l'objectivité scientifique mais une de ses formes - l'objectivité classique, fondée sur la croyance de l'absence de toute connexion non-locale. L'existence de corrélations non-locales élargit le champ de la vérité, de la Réalité. La non-séparabilité quantique nous dit qu'il y a dans ce monde, tout du moins à une certaine échelle, une cohérence, une unité, des lois qui assurent l'évolution de l'ensemble des systèmes naturels. » (NICOLESCU, 1996, p.11-12)

La logique du tiers inclus est apparue avec la théorie quantique dans la première moitié du XXe siècle qui, entre autre choses, considère l'existence d'un *vide quantique* qui est un *plein* composé d'éléments non perceptibles *a priori*. La mécanique quantique a apporté une autre vision du monde microscopique en remettant en cause l'idée de particules se déplaçant sur des trajectoires bien déterminées. Ainsi, les notions de non-séparabilité et de dépassement du déterminisme ont émergé de cette conception de l'aléatoire quantique, remettant en cause la causalité locale au profit d'une causalité globale. Et c'est l'existence de cet aléatoire

quantique, de ce vide quantique, qui donne tout son sens à la liaison entre économétrie des séries temporelles et sociologie. Ce vide quantique, ce résidu, est formé des interactions marginales qui participent pleinement, mais dans des proportions moindres selon le plan d'analyse, à la réalisation et à l'évolution d'un phénomène. Il donne l'opportunité de regarder les phénomènes secondaires, les frottements qui conditionnent la réalisation du phénomène primaire. Par rapport à la perception générale du phénomène (sa partie déterministe estimée dans la modélisation), ce vide quantique contient les effets indirects et marginaux des actions individuelles qui sont une réalité et une information essentielle pour l'analyse sociologique.

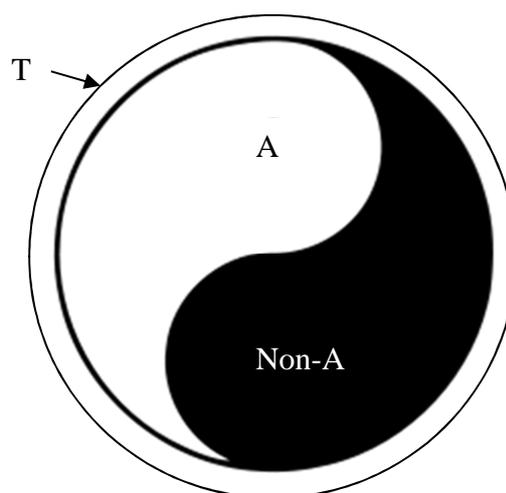
« *L'aléatoire quantique est à la fois et hasard et nécessité ou, plus précisément, ni hasard ni nécessité. L'aléatoire quantique est un aléatoire constructif, qui a un sens - celui de la construction de notre propre monde macrophysique. Une matière plus fine pénètre une matière plus grossière. Les deux coexistent, coopèrent dans une unité qui va de la particule quantique au cosmos.* » [NICOLESCU, 1996, p.12]

Le raisonnement qui consiste à dépasser la logique de contradiction (A vs non-A) nous conduit à voir la sociologie comme *intégrant* l'économie. La sociologie englobe l'économie parce qu'elle légitime pleinement l'existence de l'aléa quantique qui contient tout l'environnement du phénomène. La logique du tiers inclus considère qu'il existe une réalité supérieure juste adjacente qui englobe la vision contradictoire « A vs non-A » et la transforme en une complémentarité. Ainsi, A et non-A sont les deux parties d'une forme complexe que LUPASCO (1951) nomme T. Alors,

$$T = A + \text{non-A}$$

et le plan d'observation (de réalité) T est défini par la complémentarité « A et non-A ».

On peut illustrer cette logique par le symbole du yin et du yang :



La logique duale accorde une place prépondérante à A ou non-A, tandis que la logique du tiers inclus donne autant d'importance à A et non-A.

Dès lors, l'économétrie des séries temporelles s'intègre à l'analyse sociologie et peut s'adapter. L'intuition de SIMIAND qui appelle à introduire dans l'analyse des phénomènes à la fois la quantification et l'environnement global peut aujourd'hui se concrétiser.

La relation englobante développée par HENDRY s'inscrit dans la notion de tiers inclus de LUPASCO :

Équivalences conceptuelles

Relation englobante	Logique du tiers inclus
Exogénéité ϵ_t Analyse systémique	Dépasser le raisonnement par contradiction Vide quantique Entropie

Dans son manifeste, NICOLESCU (1996) expose avec une grande clarté la notion de tiers inclus :

« La compréhension de l'axiome du tiers inclus – *il existe un troisième terme T qui est à la fois A et non-A* – s'éclaire complètement lorsque la notion de "niveaux de Réalité" est introduite.

Pour obtenir une image claire du sens du tiers inclus, représentons les trois termes de la nouvelle logique - A, non-A et T - et leurs dynamismes associés par un triangle dont l'un des sommets se situe à un niveau de Réalité et les deux autres sommets à un autre niveau de Réalité. Si l'on reste à un seul niveau de Réalité, toute manifestation apparaît comme une lutte entre deux éléments contradictoires (exemple : onde A et corpuscule non-A). Le troisième dynamisme, celui de l'état T, s'exerce à un autre niveau de Réalité, où ce qui apparaît comme désuni (onde ou corpuscule) est en fait uni (quanton), et ce qui apparaît contradictoire est perçu comme non-contradictoire.

C'est la projection de T sur un seul et même niveau de Réalité qui produit l'apparence des couples antagonistes, mutuellement exclusifs (A et non-A). Un seul et même niveau de Réalité ne peut engendrer que des oppositions antagonistes. Il est, de par sa propre nature, *auto-destructeur*, s'il est séparé complètement de tous les autres niveaux de Réalité. » [NICOLESCU, 1996, p.18]

Il explique également en quoi cette logique du tiers inclus se distingue de la logique hégélienne¹⁰², et devient évidente pour l'analyse sociologique :

« Toute la différence entre une triade de tiers inclus et une triade hégélienne s'éclaire par la considération du rôle du *temps*. Dans une triade de tiers inclus les trois termes coexistent au *même* moment du temps. En revanche, les trois termes de la triade hégélienne *se succèdent* dans le temps. C'est pourquoi la triade hégélienne est incapable de réaliser la conciliation des opposés, tandis que la triade de tiers inclus est capable de la faire. Dans la logique du tiers inclus les opposés sont plutôt des *contradictaires* : la tension entre les contradictoires bâtit une unité plus large qui les inclut.

¹⁰² Par exemple : MARMASSE G. (2012) « La logique hégélienne et la vie », *Archives de Philosophie*, 75(2), p. 235-252.

[...]La logique du tiers inclus est non-contradictoire, en ce sens que l'axiome de non-contradiction est parfaitement respecté, à condition qu'on élargisse les notions de "vrai" et "faux" de telle manière que les règles d'implication logique concernent non plus deux termes (A et non-A) mais trois termes (A, non-A et T), coexistant au même moment du temps.

[...]La logique du tiers inclus est une logique de la complexité et même, peut-être, *sa* logique privilégiée dans la mesure où elle permet de traverser, d'une manière cohérente, les différents domaines de la connaissance.

[...] La logique du tiers inclus n'abolit pas la logique du tiers exclu : elle restreint seulement son domaine de validité. La logique du tiers exclu est certainement validée pour des situations relativement simples.[...] En revanche, la logique du tiers exclu est nocive, dans les cas complexes, comme par exemple le domaine social ou politique. Elle agit, dans ces cas, comme une véritable logique d'exclusion. » [NICOLESCU, 1996, p.19]

La logique du tiers inclus s'adapte à la complexité du monde contrairement à la vision classique du tiers exclu. Cette logique, intégrant totalement l'environnement, légitime l'utilisation de l'économétrie des séries temporelles en sociologie parce que le résidu prend tout son sens : il incarne la complexité des actions et des comportements individuels marginaux. En cela, l'analyse de phénomènes sociologiques permet d'élargir le domaine des séries temporelles, de développer la connaissance économétrique : le fait de traiter des phénomènes sociologiques nous conduit à exploiter le résidu, à explorer l'information contenue dans cet aléa quantique. Or, l'économétrie des séries temporelles ne sait aujourd'hui repérer qu'*un autre* rythme dans la partie résiduelle, conditionnel à l'ensemble de l'information. Ce sont les modèles ARCH de ENGLE (1982). En adoptant la logique du tiers inclus, l'économètre doit se donner les moyens de comprendre les manifestations constitutives du résidu, y compris dans leur diversité. Ce travail permettra d'augmenter la connaissance scientifique dans les deux disciplines. L'économétrie des séries temporelles s'enrichit de la dimension sociologique pour progresser et atteindre de nouveaux territoires comme le vide quantique. L'accroissement de la connaissance scientifique se nourrit alors de l'interdisciplinarité.

« La connaissance du complexe, pour qu'elle soit reconnue en tant que connaissance, passe par une question préalable : la complexité dont nous parlons est-elle une complexité sans ordre, auquel cas sa connaissance n'aurait pas de sens ou cache-t-elle un nouvel ordre et une simplicité d'une nouvelle nature qui seraient justement l'objet de la nouvelle connaissance ? » [NICOLESCU, 1996, p.24]

2.6.3. De la logique du tiers inclus à la transdisciplinarité

Ce programme de recherche, inspiré par les travaux de SIMIAND, s'inscrit dans l'interdisciplinarité puisqu'il se fonde sur les interactions entre l'économétrie des séries temporelles et la sociologie. Si l'interdisciplinarité est *dans l'air du temps*, la connexion entre ces deux disciplines n'est pas banale. Il s'agit finalement d'introduire une dimension mathématique, pour prendre en compte le temps, dans une discipline qui s'intéresse aux phénomènes sociaux, pour mieux comprendre les actions des individus. Il y a une interaction permanente entre les deux disciplines qui doit conduire à une meilleure compréhension du monde social. C'est, curieusement, par le raisonnement quantique que l'interdisciplinarité se

réalise ici, par la logique du tiers inclus. Cependant, l'interdisciplinarité requiert un langage commun, un intérêt commun, pour s'ouvrir à la complexité du monde qui nous entoure. Et si la pensée classique considère qu'il n'y a rien entre les disciplines – et d'autant plus entre une discipline mathématique et une discipline relevant des sciences humaines et sociales – l'interdisciplinarité, voire la transdisciplinarité, témoignent de l'existence d'une connaissance nouvelle à exploiter pour repousser les frontières de la connaissance scientifique actuelle. Nous pénétrons là sans doute dans le domaine de la transdisciplinarité au sens de NICOLESCU.

« L'approche transdisciplinaire n'oppose pas holisme et réductionnisme, mais les considère comme deux aspects d'une seule et même connaissance de la Réalité. Elle intègre le local dans le global et le global dans le local. En agissant sur le local, on modifie le global et en agissant sur le global, on modifie le local. Holisme et réductionnisme, global et local sont deux aspects d'un seul et même monde multidimensionnel et multiréférentiel, le monde de la pluralité complexe et de l'unité ouverte. » (NICOLESCU, 1996, p.73)

Mais la transdisciplinarité est bien plus qu'une simple approche philosophique. Elle participe depuis plusieurs années à une certaine forme de restructuration de la science, de l'esprit scientifique.

« La rigueur de la transdisciplinarité est *de la même nature que la rigueur scientifique*, mais les langages sont différents. On peut même affirmer que *la rigueur de la transdisciplinarité est un approfondissement de la rigueur scientifique*, dans la mesure où elle prend en compte non seulement les choses mais aussi les êtres et leur relation aux autres êtres et aux choses. *Tenir compte de toutes les données présentes dans une situation donnée* caractérise cette rigueur. C'est seulement ainsi que la *rigueur* est véritablement le garde-fou à l'égard de toutes les dérives possibles. » (NICOLESCU, 1996, p.75)

La transdisciplinarité apparaît alors comme une démarche scientifique susceptible de réunir la logique du tiers inclus et la complexité du monde. C'est bien là l'objectif de ce programme de recherche. Au-delà de l'interaction entre les disciplines (économétrie et sociologie), il s'agit de construire de nouveaux bouts de science. Ainsi, si l'économétrie des séries temporelles peut apporter une lecture temporelle des phénomènes sociologiques, la sociologie est le *laboratoire* idéal pour explorer le vide quantique, les comportements individuels et agrégés, et les comprendre dans l'univers social complexe. La connaissance qui en résulte est nouvelle, partiellement du moins. Cette connaissance vient combler ces vides disciplinaire et interdisciplinaire qui ont obsédé SIMIAND notamment, mais également les économistes et sociologues qui, à bien des égards, poursuivent un même objectif de compréhension des manifestations locales par la prise en compte de l'environnement global. La relation englobante de HENDRY, la notion d'exogénéité de DAVIDSON, HENDRY, SRBA et YEO, sont des formes conceptuelles qui tendent vers cet approfondissement de la connaissance scientifique. Certains économistes ont aujourd'hui conscience de l'aporie générée par la seule lecture disciplinaire et appellent à l'interdisciplinarité, voire à la transdisciplinarité, pour donner un nouvel élan à la recherche scientifique et approfondir la connaissance.

« L'ouverture de la transdisciplinarité implique, de par sa propre nature, le refus de tout dogme, de toute idéologie, de tout système fermé de pensée. Cette ouverture est le signe de la naissance d'un nouveau type de pensée tournée autant vers les réponses que vers les questions. Le Sujet est lui-même *la* question abyssale qui assure la permanence du questionnement. Le refus du questionnement, la certitude absolue, sont la marque d'une attitude qui ne s'inscrit pas dans le champ de la transdisciplinarité. La culture transdisciplinaire est la culture du questionnement perpétuel accompagnant les réponses acceptées comme temporaires. »
(NICOLESCU, 1996, p.76)

Dans la veine de NICOLESCU, je dirais que le travail scientifique qui dépasse les frontières de la disciplinarité est celui qui répond à mes aspirations professionnelles. Comme je l'ai écrit, l'économie n'est plus pour moi un champ d'épanouissement car, à l'instar de SIMIAND et de quelques autres scientifiques, je ne conçois plus le raisonnement économique sans l'associer à l'univers de la sociologie : l'économie seule est extrêmement réductrice, elle n'est quasiment que mécanique. L'ouverture à la sociologie rétablit l'économie dans son contexte légitime, à mon sens. Comment raisonnablement interpréter des mouvements de prix (et notamment de vivriers) sans intégrer l'aspect sociologique ? Bien sûr, je l'ai fait et de nombreux autres économistes continuent à le faire. Mais est-ce que pour autant l'analyse économique a un sens dès lors que les mouvements observés (des prix par exemple) font abstraction des comportements induits des individus et/ou de la société ? Évidemment, répondre à cette question dépasse la science économique à bien des endroits, et notamment l'économétrie qui n'a jamais réussi à intégrer complètement les anticipations des agents. Pourtant, si quelques économistes, et économètres, se sont posés ces questions c'est bien qu'elles entravent l'articulation de la discipline. La réflexion de SIMIAND au début du XXe siècle soulignait déjà ces faiblesses. Environ un siècle plus tard, le courant de la *New Economic Thinking* est encourageant. Hébergés dans quelques universités de par le monde, ces instituts pour apprendre à *penser l'économie autrement* – c'est-à-dire en redonnant sa place à l'individu et en finir avec les ravages causés par la finance ces dernières années notamment – attestent de cette préoccupation en faveur d'un élargissement disciplinaire, tout du moins d'un repositionnement de l'individu au cœur de la société.

2.7 Conclusion

Au terme de cette synthèse sur mes travaux et sur l'exposé de mon projet de recherche, j'ai le sentiment d'avoir acquis une certaine maturité au regard de l'économétrie des séries temporelles, de l'interdisciplinarité que j'ai mise en pratique en lien avec la sociologie, de la science telle que je l'ai finalement toujours conçue. Mes premiers travaux de recherche m'ont amenée à adopter un raisonnement épistémologique particulier. Je pénétrais dans un domaine en pleine mutation, où les repères de la science normale opéraient des changements considérables. Nous n'étions pas en mesure, à l'époque, de savoir où conduiraient ces (r)évolutions. Je me suis intéressée à la modélisation vectorielle autorégressive de SIMS qui était amplement décriée. Parallèlement, j'étais séduite par le concept de cointégration de GRANGER, qui était à mes yeux d'une extrême pureté, sans me douter des difficultés que GRANGER avait rencontrées pour le publier.

Mon éloignement de la recherche scientifique pendant plusieurs années m'apparaît aujourd'hui comme bénéfique : cette rupture a été incontestablement une période de longue réflexion au cours de laquelle ma posture scientifique s'est modifiée. Mon éloignement de la recherche scientifique m'a amenée à porter un regard différent sur ma discipline. Après plusieurs années d'absence, les concepts étaient toujours les mêmes, les recherches évoluaient à la marge. Ce constat m'interpellaient. C'est alors que j'ai entrepris d'écrire *mon* histoire des concepts des séries temporelles, d'une part pour retracer son évolution, d'autre part pour *humaniser* cette discipline pour les praticiens même si d'aucuns y verront parfois des *historiettes*. Cet exercice a été une formidable aventure : j'ai correspondu avec quasiment tous les plus grands noms que compte la discipline aujourd'hui, et j'ai été bien souvent surprise par l'intérêt qu'ils portaient à mon travail. Est-ce qu'eux aussi éprouvaient le besoin que cette histoire contemporaine de la discipline soit écrite ?

La poursuite de mes travaux empiriques autour de problématiques conséquentes envers les pays pauvres me stimule dans une réflexion d'amélioration méthodologique. Mes derniers travaux économiques en collaboration avec Abdoul Salam DIALLO, bien que traitant de méthodologie, sont étroitement dévolus à une meilleure compréhension des déstabilisations économiques introduites par des pratiques financières notamment.

Entre travaux empiriques, histoire, épistémologie et sociologie de l'économétrie des séries temporelles – et leur intégration à la sociologie –, mes recherches s'inscrivent dans les différents domaines d'analyse d'une science. Mon parcours m'a permis d'évoluer dans une direction peu développée à l'heure actuelle. L'analyse du champ scientifique des séries temporelles était sans nul doute un premier travail nécessaire. Comprendre pourquoi et comment cette discipline a opéré une révolution scientifique m'a permis de construire un nouveau regard scientifique et de concevoir l'intérêt de l'ancrage à la sociologie. Encore une

fois, la lecture des travaux de SIMIAND a été un révélateur et un nouvel élan dans ma carrière scientifique puisqu'ils apportaient une justification autant qu'une légitimité aux intuitions que je nourrissais depuis ma thèse, aux interrogations qui aiguillonnaient ma réflexion.

L'adoption d'une démarche alliant économétrie des séries temporelles et sociologie n'est pas *a priori* évidente pour l'économètre, même si sa discipline première est l'économie. L'économie oublie trop souvent d'intégrer l'environnement social des phénomènes qu'elle regarde. Il me semble qu'intégrer cet environnement social découle simplement de l'évidence. Le clivage disciplinaire de plus en plus prégnant a sans doute renforcé ce sentiment d'incomplétude que j'ai toujours nourri à l'égard de l'économie. Et pourquoi ne pas dépasser ce clivage et tenter d'initier un nouveau *bout* de science – économétrie des séries temporelles sociale ? Socioéconométrie ?...

Il est nécessaire de porter un regard critique et réflexif sur nos disciplines afin de comprendre leur évolution bien sûr, mais aussi de distinguer entre anomalies dans la science normale, travaux esthétiques dans la science normale et frémissements d'une révolution scientifique. Mais au-delà, il me semble primordial d'identifier les liens qu'entretient l'économétrie des séries temporelles avec l'économie et les mathématiques. Cette discipline, bien souvent considérée comme hermétique (voire décriée), devrait puiser ses évolutions structurelles dans un premier temps dans l'économie, et aujourd'hui dans l'élargissement à la sociologie. Si tel n'était pas le cas, alors elle constituerait une sous-discipline des mathématiques quand elle apparaît d'un intérêt prometteur pour les sciences sociales. Il est vrai que nous assistons depuis quelques années à un déplacement de l'économétrie dans des filières universitaires purement scientifiques, ce qui se ressent indéniablement dans le format des publications académiques... Pourtant, GRANGER, HENDRY et ENGLE, ont repensé l'économétrie *via* la construction d'un nouveau champ des séries temporelles parce qu'ils ont su prendre leurs distances face à un paradigme économique néo-classique qui ne correspondait plus à la réalité du monde, qui ne correspondait plus à leur vision de l'économie – plus ouverte et cohérente que la théorie dominante ne le laissait entrevoir. Ils ont révolutionné leur discipline au cours des années 1974-1982 pour répondre de façon plus adéquate à l'évolution économique du monde. Induisant une autonomie patente dans le champ des séries temporelles, ces économètres ont insufflé une rationalité féconde et jamais égalée depuis. S'affranchissant des dogmes de l'*intelligentsia* nord-américaine, ils ont œuvré au cours de ces années pour doter la discipline des concepts et des outils adéquats. Leurs convictions scientifiques leur ont donné l'énergie nécessaire pour affronter le monde rigide des économistes. Ils n'ont jamais baissé les bras face aux revers que tentait de leur infliger le reste de la discipline. Ils avaient foi en leurs convictions parce qu'ils savaient observer les évolutions du monde et comprenaient la fracture entre une économie en mutation et une économétrie dépassée, incapable de s'adapter aux bouleversements du monde contemporain. Et c'est bien dans cette nouvelle orientation que les notions d'exogénéité et de relation englobante sont apparues. En liant économétrie des séries temporelles et sociologie, ces notions rencontrent un nouvel écho. Comment intégrer l'univers social en séries temporelles sans opérer un élargissement disciplinaire par l'exogénéité et le concept d'englobement ? C'est, me semble-t-il, le premier travail d'ouverture de l'économètre et de l'économiste : élargir cette vision disciplinaire du monde,

se déplacer d'une causalité locale à une causalité globale pour mieux appréhender les manifestations contemporaines.

Le passage à la sociologie apparaît alors comme une évidence. Les problématiques économiques débordent largement le seul cadre économique, comme la théorie aimerait le penser. Prendre en compte les autres dimensions de la société comme vecteur des changements économiques, travailler sur les interrogations de SIMIAND à partir des séries temporelles, ne me paraît pas insensé, loin de là. Je suis convaincue que l'économétrie des séries temporelles peut accroître la compréhension des phénomènes socio-économiques et ainsi initier un nouveau regard, une nouvelle connaissance. Le projet de construire une méthodologie pour les données sociologiques ne me semble donc ni extravagant ni irrationnel. J'ai proposé une ébauche de ce que pourrait être une telle méthodologie. Il s'agit là d'un exercice propice à instaurer une nouvelle réflexion sur l'interpénétration entre l'économétrie des séries temporelles et la sociologie. Si le lien épistémologique a quelque chose d'évident, la réalisation concrète l'est certainement moins. Une multitude de méthodes et de concepts existent, mais chacun d'eux ne peut s'adapter qu'à une problématique ou une résolution particulière. Parce que je ne peux ignorer la philosophie qui a guidé les travaux de GRANGER, HENDRY et ENGLE notamment, j'ai conscience de la précision dans laquelle chacun de ces concepts, chacune de ces notions, ont été pensés. La quête d'adéquation entre l'outil et l'objet doit structurer cette recherche.

Ce programme s'inscrit dans le long terme, d'autant qu'il ouvre sur un domaine quasiment vierge, sans antériorité véritable. Qu'il s'agisse de l'intégration de l'économétrie des séries temporelles dans la sociologie, ou d'un élargissement interdisciplinaire (voire transdisciplinaire), la connexion entre ces deux disciplines n'a jamais été tentée auparavant. Nous disposons donc de très peu de repères épistémologiques. L'exercice réflexif et critique revêt donc une importance capitale.

J'ai pourtant foi en la démarche, d'autant plus que j'ai réalisé que je ne suis pas isolée dans cette réflexion. SIMIAND au début du XXe siècle, HENDRY, ENGLE, RICHARD... et bien sûr GRANGER entre autres économètres ont ressenti ce même besoin d'ancrer l'économie au-delà de son univers théorique trop souvent réducteur. À l'autre extrémité du spectre, l'intérêt que peuvent porter certains sociologues – tel Frédéric LEBARON – à cette entreprise, laisse entrevoir les premières manifestations d'une connaissance scientifique en formation.

À Bernard MARIS

2.8 Bibliographie

- AIGRAIN, P. – BOULET, D. – LAPORTE, J.P. (1991) « Le marché des vins de table à la production : différenciation et segmentation », *Revue d'Économie Méridionale*, 155-156, pp.53-82.
- AMABLE, B. - BOYER, R. – LORDON, F. (1995), « L'*ad hoc* en économie : la paille et la poutre ». In d'Autume A. et Cartelier J. (eds), *L'économie devient-elle une science dure ?*. Paris : Economica, pp. 267-290.
- AMIN, S. (1969), *Le monde des affaires sénégalais*, Editions de Minuit, Paris.
- ARMATTE, M. (2010), *La science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation*, Paris, Presses de l'École des Mines.
- BACHELARD, G. (1934), *La formation de l'esprit scientifique*, collection Textes philosophiques, Vrin, Paris, 2000.
- BACHELARD, G. (1934), *Le nouvel esprit scientifique*, collection Quadrige, Presses Universitaires de France, Paris, 2003.
- BADOUIN, R. (1989) « Le rôle du prix dans le fonctionnement de l'économie viti-vinicole », *Revue d'Économie Méridionale*, 147, pp.7-24.
- BARRY, B. (1998), *La Sénégambie du XVe au XIXe siècle – Traite négrière, Islam et Conquête coloniale*, Collection « Racines du présent », L'Harmattan, Paris.
- BARRY, A.W. – DIARRA, S.B. – DIARRA, D. (1998), « Promoting malian price rice exports in the subregion », African Economic Policy, Research Report, United States Agency for International Development, Bureau for Africa, Office of Sustainable Development, Washington, 29 p.
- BERNS, E. (2013) « De la retenue et de la combativité en philosophie économique », *Cahiers d'économie Politique / Papers in Political Economy*, 2(65), p. 227-239.
- BOLLERSLEV, T. (1986), "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31(3), pp. 307-327.
- BOURDIEU, P. (1975) « La spécificité du champ scientifique et les conditions du progrès de la raison », *Sociologie et sociétés*, 7(1), p. 91-118.
- BOURDIEU, P. (1994), *Raisons pratiques. Sur la théorie de l'action*, Paris, Seuil.
- BOURDIEU P., (1995) « La cause de la science », *Actes de la recherche en sciences sociales*, 106-107, p. 3-10.
- BOURDIEU P., (2011) « Champ du pouvoir et division du travail de domination », Texte manuscrit inédit ayant servi de support de cours au Collège de France, 1985-1986, *Actes de la recherche en sciences sociales*, 190, p. 126-139.
- BOURGEOIS, R. & MEURIOT, V. (2011) : « Sortir de la pauvreté par la croissance agricole: illusion ou réalité pour les ménages ruraux en Indonésie ? », *Mondes en Développement*, 39(4), n°156, p. 33-46.
- BOUSSARD, J-M, GERARD, F. PIKETTY M-G, (2005) *Libéraliser l'agriculture mondiale ? Théories, modèles et réalités*, Quae, Paris.
- BOWDEN, R. J. (1978) *The econometrics of Disequilibrium*. North Holland Edition.

- BOX, G.E.P. & JENKINS, G.M. (1970) *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden-Day, San Francisco.
- COT A.-L. & LALLEMENT, J. (2006) « 1859-1959 : de Walras à Debreu, un siècle d'équilibre général », *Revue économique*, 57(3), p. 377-388.
- DAUBECHIES, I. (1990), "Orthonormal basis of compactly supported wavelets", *Communications on Pure and Applied Math.*, 49, 906-99
- DAUBECHIES, I. (1992), "Ten lectures on wavelets", *CBMS-NSF conference series in applied mathematics*, SIAM Ed.
- DAVIDSON, J.E.H. - HENDRY, D.F. - SRBA, F. - YEO, S. (1978) "Econometric Modelling of the Aggregate Time-Series relationship between Consumers' Expenditure and Income in the United Kingdom", *The Economic Journal*, 88(352), p. 661-692.
- DESROSIERES, A. (2008), *Pour une sociologie historique de la quantification : l'argument statistique I*, Paris, Presses de l'École des Mines.
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) : "Onto the investigation of the impact of financiarization on commodity prices instability : a wavelet approach of causal linkages analysis", *International Review of Applied Economics*, en cours d'évaluation, 17 p.
- DIALLO, A.S. - MEURIOT, V. - TERRAZA, M. (2012) : « L'analyse d'une nouvelle émergence de l'instabilité des prix des matières premières agricoles », Document de recherche, *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), 2012-01, 17 p.
<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2012-01.pdf>
- DIEBOLD, F.X. (2003) "The ET Interview: Professor Robert F. Engle", *Econometric Theory*, 19, p. 1159-1193.
- DICKEY, D.W. & FULLER, W.A. (1979) "Distribution of Estimates for autoregressive Time Series with Unit Root", *Journal of American Statistical Association*, 74, p.427-431.
- DICKEY, D.W. et FULLER, W.A. (1981) "The Likelihood Ratio Statistics for Autoregressives Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, 49 (106), pp.1057-1072.
- DIVISIA, F. (1953) « La société d'économétrie a atteint sa majorité », *Econometrica*, 21(1), p. 1-30.
- DOMANSKI D. et HEATH A. (2007). "Financial investors and commodity markets". *BIS Quarterly Review*, March, p.53-67.
- DUBOS, J. (1978) « L'entrée des vins de table dans le Marché Commun et ses conséquences pour la viticulture française », *Purpan*, 106, pp.1-56.
- DUFUMIER, M. et HUGON, P. (2008), « Les 'émeutes de la faim' : du sous-investissement agricole à la crise sociopolitique », *Revue Tiers Monde*, n°196 – Octobre-Décembre, pp. 927-934.
- DUMENIL, G. et LEVY, D. (1995), « L'économie doit-elle être une science « dure » » ?. In d'Autume A. et Cartelier J. (eds), *L'économie devient-elle une science dure ?*. Paris : Economica, pp. 291-318.
- DUPUY, J.-P. (2000), *Les Savants croient-ils en leurs théories ? Une lecture philosophique de l'histoire des sciences cognitives*, collection Sciences en questions, INRA, Paris.
- DURY, S. & MEURIOT, V. (2010) : « Do urban African dwellers pay a premium for food quality and, if so, how much? An investigation of the Malian fonio grain », *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 91(4), p. 417-433.
- DURY, S. – MEURIOT, V. – FLIEDEL, G. – BLANCHER, S. - BORE GUINDO, F. – DRAME, D. – BRICAS, N. – DIAKITE, L. – CRUZ, J.F. (2007a), « Retail market prices of fonio reveal

- the demand for quality characteristics in Bamako, Mali », Montpellier : UMR MOISA, 23 p. (Working paper : UMR MOISA, 6/2007).
 [20090519]. <http://ideas.repec.org/p/umr/wpaper/200706.html>
http://www.raestud.eu/pagint/recherche/affiche_art.php?cid=95
- ENGLE, R.F. (1982), “Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation”, *Econometrica*, 50(4), pp. 987-1007.
- ENGLE, R.F. & GRANGER, C.W.J. (1987) “Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica*, 55(2), p.251-276.
- ENGLE, R.F. (2004), “Autobiography”, The Nobel Prize 2003, Editor Tore Frängsmyr, [Nobel Foundation], Stockholm.
- ENGLE, R.F. - HENDRY, D.F - RICHARD, J.-F. (1983) “Exogeneity”, *Econometrica*, 51(2), p. 277-304.
- ERICSSON, N.R. (2004) “The *ET* Interview: Professor David F. Hendry”, *Econometric Theory*, 20, p. 743-804.
- FALL, A.S. et SY, O.S. (2003) « Les économies ouest-africaines dans un contexte de mondialisation », *Erudit*, 30 p. (<https://depot.erudit.org/id/001853dd>)
- FLECK, L. (1935), *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache, Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* Schwabe und Co., Verlagsbuchhandlung, Basel, Benno Schwabe & Co. (traduction française *Genèse et développement d'un fait scientifique*, 2008, collection Champs sciences, Flammarion, Paris).
- FOLMER, C., KEYZER, M.A., MERBIS, M.D., STOLWIJK, H.J.J., VEENENDAAL, P.J.J. (1993) “CAP Reform and its Differential Impact on Member States”, *Research Memorandum n°105*, Central Planning Bureau, The Hague, Netherlands.
- FOURASTIE, J. (1979) *Les Trente Glorieuses, ou la révolution invisible de 1946 à 1975*, Paris, Fayard (Rééd.Hachette Pluriel n° 8363).
- FOURCADE M. et KHURANA R. (2013), “From social control to financial economics: the linked ecologies of economics and business in twentieth century America”, *Theory and Society*, 42(2), p. 121-159.
- FRANSES, P.H. (1991) “Seasonality, Non Stationarity and the Forecasting of Monthly Time Series”, *International Journal of Forecasting*, 7, p.199-208.
- FROBERT, L. (2000), *Le travail de François Simiand (1896-1936)*, Paris, Economica.
- FULLER, W.A. (1976) *Introduction to Statistical Time Series*, Willey, New York NY.
- FUSARO, P. et VASEY, G. (2006), “Energy and environmental funds. Continuing to offer superior opportunities?”, *Commodities Now*, September, p.1-3.
- GINGRAS Y. (2013) *Sociologie des sciences*, PUF, coll. « Que sais-je ? », Paris.
- GISLAIN, J.-J. et STEINER P. (1995), *La sociologie économique. 1890-1920*. Paris, PUF.
- GORTON G. et ROUWENHYORST K. (2004), “Facts and fantasies about commodity futures”, *NBER Working Paper*.
- GRANGER, C.W.J. (1981) « Some Properties of Time Series Data and their Use in Econometric Model Specifications », *Journal of Econometrics*, 16, p.121-130.
- GRANGER, C.W.J. (1983), « Co-integrated Variables and Error-Correcting Models », UCSD *Discussion Paper n°83-13*. San Diego.

- GRANGER, C.W.J. (1986) "Developments in the Study of Cointegrated Economic Variables", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48(3), p.213-228.
- GRANGER, C.W.J. (1988) "Causality, Cointegration and Control, Economic Time Series with Random Walk and Other Nonstationarity components", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2/3), p.551-560.
- GRANGER, C.W.J., et NEWBOLD, P., (1974) "Spurious regressions in econometrics", *Journal of Econometrics*, Elsevier, II-2, pp. 111-120.
- GRANOVETTER, M., (1985) "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", *The American Journal of Sociology*, 91(3), p. 481-510.
- GRISON, F. (2011), *Les sciences autrement : éléments de philosophie à l'usage des chercheurs curieux*, Quæ, Versailles.
- HALLAM, D. – RAPSOMANIKIS, G. – CONFORTI, P. (2003) « Intégration des marchés et transmission des prix pour certains marchés de cultures vivrières et commerciales de pays en développement : analyse et applications », *Rapport sur les marchés des produits 2003 – 2004*, Division des produits et du commerce international, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, pp. 55-79.
- HENDRY, D.F. (1980), « Econometrics: Alchemy or Science ? », *Economica*, 47(188), pp. 387-406.
- HENDRY D.F. (1993), *Econometrics: Alchemy or Science?*, Oxford University Press, New York.
- HENDRY D.F. (1995), « Le rôle de l'économétrie dans l'économie scientifique ». In d'Autume A. et Cartelier J. (eds), *L'économie devient-elle une science dure ?*. Paris : Economica, pp. 172-196.
- HENDRY, D.F. (2010), « Professor Sir Clive W.J. Granger and cointegration », *Journal of Financial Econometrics*, 8(2), pp. 162-168.
- HENDRY, D.F. et MORGAN M.S. (1989) "A Re-analysis of Confluence Analysis", *Oxford Economic Papers*, 41, 35–52.
- HENDRY, D.F. et MORGAN M.S. (1995) *The Foundations of Econometric Analysis*, Cambridge University Press.
- HSIAO, A.H. (1981) "Autoregressive Modelling and Money Income Causality Detection", *Journal of Monetary Economics*, 7(1), p.85-106.
- HSIAO, A.H. (1982) "Autoregressive Modelling and Causal Ordering of Economic Variables", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 4, p.243-259.
- HYLLEBERG, S. – ENGLE, R.F. – GRANGER, C.W.J. – YOO, B.S. (1990) "Seasonal Integration and Co-integration", *Journal of Econometrics*, 44, p.215-238.
- KUHN, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago (traduction française *La structure des révolutions scientifiques*, 1983, collection Champs, Flammarion, Paris).
- LADRIERE, J. (1960) « Karl Popper, Misère de l'historicisme. Traduit de l'Anglais par Hervé Rousseau » [Comptes rendus], *Revue de Philosophie de Louvain*, 58(60), pp. 632-636.
- LAKATOS, I. (1986) *The Methodology of scientific research programmes*, Cambridge : Cambridge University Press (traduction française *Histoire et méthodologie des sciences*, 1994, Bibliothèque d'histoire des sciences, Presse Universitaire de France, Paris).

- LANÇON, F. et MENDEZ DEL VILLAR, P. (2008), « La flambée des prix mondiaux du riz : crise conjoncturelle ou mutation durable ? », *Hérodote* 2008/4, n°131, p. 156-174.
- LANÇON F., MEURIOT V., DAVID-BENZ H., TEMPLE L. (2011) : « Flambée des cours mondiaux de céréales : une aubaine pour l'agriculteur africain ? », *Perspective* n°9, coll. « Sécurité alimentaire », Montpellier : CIRAD, 4 p.
- LEBARON, F. (2013) « Qui sont les économistes ? Une sociologie méconnue », *L'Économie politique*, 2(58), p. 24-34.
- LEBARON, F. (2002) « Les fondements symboliques de l'ordre économique », *Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches*, Paris VIII.
- LEBARON, F. (2000) *La croyance économique. Les économistes entre science et politique*. Paris, Seuil (coll. Liber).
- LITTERMAN, R.B. (1981) “A Bayesian procedure for Forecasting with Vector Autoregressions”, *Working Paper*, Massachusetts Institute of Technology, Department of Economics.
- LITTERMAN, R.B. (1986) “Forecasting with Bayesian Vector Autoregressions : five years of Experience”, *Journal of Business and Economic Statistics*, 4(1), p.25-38.
- LIU, T. (1960) “Underidentification, Structural Estimation, and Forecasting”, *Econometrica*, 28(4), p. 855-865.
- LUCAS, R.E. (1972) « Expectations and the Neutrality of Money », *Journal of Economic Theory*, 4, p.103-124.
- LUCAS, R.E. (1976) « Econometric Policy Evaluation : a Critique », in Brunner K. & A. Meltze (dir) *The Phillips Curve and Labor Market*, North-Holland, Amsterdam.
- LUPASCO, S. (1947) *Logique et contradiction*, P.U.F, Paris.
- LUPASCO, S. (1951) *Le principe d'antagonisme et la logique de l'énergie – Prolégomènes à une science de la contradiction*, Hermann, Coll. « Actualités scientifiques et industrielles », Paris.
- LÜTKEPOHL, H. & REIMERS, H.E. (1992) “Impulse Response Analysis of Cointegrated Systems”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 16, p.53-78.
- MAÏGA, M. (1995), « Le bassin du fleuve Sénégal - De la Traite Négrière au Développement sous-régional auto-centré », Collection « Afrique 2000 », L'Harmattan, Paris, 320 p.
- MAYER J. (2009), “The growing interdependence between financial and commodity markets”, *United Nations Conference on Trade and Development Discussion Papers*, n°195, October.
- MEURIOT, V. (2007b) : « *The retail market prices of fonio reveal the demand for quality characteristics in Bamako, Mal* », Communication pour le 106th EAAE Seminar Pro-poor development in low income countries: Food, agriculture, trade, and environment , 25-27 October 2007 – Montpellier, France (en collaboration avec DURY, S. et FLIEDEL G.)
- MEURIOT, V. (2008) : « Réflexions méthodologiques sur la modélisation non structurelle : une approche par les modèles VAR et leurs extensions dynamiques », *Mathématiques et Sciences Sociales*, 182 (2), p.47-62.
- MEURIOT, V. (2012a) *Une histoire des concepts des séries temporelles*, éditions Academia-L'Harmattan, collection Intellection, Louvain-la-Neuve.

- MEURIOT, V. (2012b) : « Une analyse comparative de la transmission des prix pour l'orientation des politiques publiques : Le cas du riz au Sénégal et au Mali », *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), série Documents de recherche, DR n°2012-04, 37 p. [<http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2012-04.pdf>]
- MEURIOT, V. (2012c) « Analyse critique de l'économétrie des séries temporelles », *Document de travail ART-Dev*, 2012-05, 14 p.
- MEURIOT, V. (2014) « La controverse Koopmans – Vining revisitée ? Réflexion sur le paradigme économique », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, en cours d'évaluation, 18 p.
- MEURIOT, V. (2015a) « The concept of cointegration: when Hendry met Granger », *Cahiers d'Économie Politique / Papers in Political Economy*, 68, p. 15-42 (à paraître juin 2015).
- MEURIOT, V. (2015b) « Pourquoi la fin des « Trente Glorieuses » a-t-elle entraîné la métamorphose de l'économétrie des séries temporelles ? », *Revue Française de Socio-Économie*, en cours d'évaluation, 19 p.
- MEURIOT, V. & AUBERT, M. (2009) : “Choices of wine consumption : Mesure of interaction terms and attributes”, *Enometrica* (revue internationale à comité de lecture), Vol. 2, n°2, p. 51-60.
- MEURIOT, V. - AUBERT, M. - TERRAZA, M. (2010) : « Une règle de décision pour les combinaisons d'attributs dans les modèles de préférence des consommateurs », Document de recherche, *Cahiers du LAMETA* (revue à comité de lecture), 2010-05, 27 p. <http://www.lameta.univ-montp1.fr/Documents/DR2010-05.pdf>
- MEURIOT, V. - DIALLO, A.S. (2012) : “A comment on “Liberalization and food price distribution: ARCH-M evidence from Madagascar” (Barrett, 1997) », *Food Policy*, en cours d'évaluation, 14 p.
- MEURIOT, V. & DURY, S. (2008) : « *Do market prices reveal consumers' preferences ? Evidences from the retail market of fonio in Mali (West Africa)* », Communication pour le Colloque de la SFER : 2èmes journées de recherche en sciences sociales, 11-12 Décembre 2008 – Lille, France (en collaboration avec DURY, S.)
- MEURIOT, V. - TEMPLE, L. - MADI, A. (2011) : « Faible transmission des prix internationaux aux marchés domestiques : le poids des habitudes alimentaires au Cameroun », *Économie Appliquée*, tome LXIV, n°3, septembre 2011, p. 59-84.
- MONFORT, A. (1990) *Les nouveaux axes de développements des méthodes macroéconométriques*, Département de la recherche, INSEE – Série de documents de travail CREST, n°9014, septembre.
- MORGAN, M.S. (1990) *The History of Economic Ideas*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MORIN, E. (1982), *Science avec conscience*, collection Points Sciences, Seuil, Paris.
- MORIN, E. (1994), « Interdisciplinarité et transdisciplinarité », *Transversales Sciences / Cultures* n°29, p. 4-8.
- MURCIA, V. (1991a) : « Modélisation VAR du marché du pétrole », **in** Actes du XXXIIème Colloque International de l'Association d'Économétrie Appliquée, 24 & 25 octobre 1991 : La modélisation des marchés internationaux de l'énergie, Montpellier.
- MURCIA, V. (1991b) : « Problème de l'agrégation de l'offre dans le système coopératif

- viticole français : asymétrie informationnelle et environnement incertain », **in** Actes du Colloque International d'Econométrie Régionale (Directeur : J. PAELINCK). Novembre 1991.
- MURCIA, V. (1993a) : « Dynamique des marchés des produits de base : une approche économétrique », **in** Actes du Colloque du GAMMAP : Dynamique des marchés des produits de base, sous la Direction de Serge CALABRE, 14 & 15 janvier 1993, Grenoble.
- MURCIA, V. (1993b) : « Modélisation économétrique de la dynamique du marché communautaire des vins de table : le cas français » Thèse de Doctorat (sous la direction du Professeur Michel TERRAZA), Université Montpellier 1.
- MURCIA, V. (1994a) : « Dynamique du marché du pétrole : l'approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de H.E.G.Y. sur séries temporelles trimestrielles saisonnières », *Journal de la Société Statistique de Paris*, n° 95-4, p. 160-175 (en collaboration avec TERRAZA, M.). Décembre 1994.
- MURCIA, V. (1994b) : « Dynamique du marché du pétrole : l'approche vectorielle autorégressive à partir de la stationnarité de H.E.G.Y. sur séries temporelles trimestrielles saisonnières », **in** Actes du Colloque du GAMMAP : Régulation et Dynamique des marchés des produits de base, sous la Direction de Serge CALABRE, 7 & 8 avril 1994, Grenoble.
- MURCIA, V. (1995a) : « Modélisation vectorielle autorégressive du marché français des vins de table : une analyse sur données mensuelles », *Bulletin de l'O.I.V.* (revue à comité de lecture), p. 279-295 (en collaboration avec TERRAZA, M.).
- MURCIA, V. (1995b) : "Modelling the Petroleum Spot Market : a Vector Autoregressive Approach", **in** LESOURD, J.B. – PERCEBOIS, J. – VALETTE, F. : Models for Energy Policy, ROUTLEDGE Eds., London and New York, p. 151-172 (en collaboration avec LABYS, W.C. & TERRAZA, M.). Novembre 1995.
- NICOLESCU, B. (1996) *La transdisciplinarité*, Le Rocher, coll. « Transdisciplinarité », Monaco.
- ORLEAN, A. (2005) « La sociologie économique et la question de l'unité des sciences sociales », *l'Année sociologique*, 55(2), p. 279-305.
- OULIARIS, S. – PARK, J.Y. – PHILLIPS, P.C.B. (1989) *Testing for Unit Root in the Presence of a maintained Trend*. Advances in Econometrics and Modelling. KLUWER Academic Publishers. Needham, MA.
- PASSET, R. (2010) *Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire. De l'univers magique au tourbillon créateur...*, Paris, Editions Actes Sud, coll. Thesaurus.
- PHILLIPS, P.C.B. (1997) "The ET interview: Professor Clive Granger", *Econometric Theory*, 13, p. 253-303.
- PHILLIPS, P.C.B. et P. PERRON (1988) "Testing for Unit Root in Time Series regression", *Biometrika*, 75, p.347-353.
- PIKETTY, T. (2013) *Le capital au XXIe siècle*, Paris, Seuil.
- POPPER, K.R. (1960) *The Poverty of Historicism*, London: Routledge & Kegan Paul (traduction française *Misère de l'historicisme*, 1991, Presses-Pocket, coll. Agora, Paris).
- POPPER, K.R. (1963), *Conjectures and Refutations*, London: Routledge & Kegan Paul (traduction française *Conjectures et réfutations*, 1985, Payot, Paris).

- POPPER, K.R. (1974), « Autobiography of Karl Popper », in *The Philosophy of Karl Popper*, Paul Arthur Schilpp ed., vol. 1, pp. 3-181.
- REDMAN, D.A. (1994), “Karl Popper’s Theory of Science and Econometrics: The rise and Decline of Social Engineering”, *Journal of Economic Issues*, 28(1), pp. 67-99.
- PREBISCH, R. (1950) *The Economic Development of Latin America and its Principal Problems*, Lake Success: United Nations.
- PREBISCH, R. (1959) “International Trade and Payments in an Era of Consistence: Commercial policy in the underdeveloped countries”, *American Economic Review*, 49, pp. 251-273.
- SARGAN, J.D. (1964) « Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology (with discussion). In P.E. Hart, G. Mills, & J.K. Whitaker (eds.), *Econometric Analysis for National Economic Planning*, vol. 16 of *Colston Papers*, pp. 25–63. London: Butterworth.
- SCHERER B. et HE L. (2008), “The diversification benefits of commodity futures indexes: a mean-variance spanning test”, in *The Handbook of Commodity Investing*, Hoboken (NJ), Wiley, p.241–265.
- SIMIAND, F. (1903) « Méthode historique et sciences sociales », *Revue de Synthèse Historique*, T6, N2, p. 129-157.
- SIMIAND, F. (1912) *La méthode positive en science économique*. Paris, Alcan.
- SIMS, C.A. (1972) “Money, Income and Causality”, *American Economic Review*, 62, p. 540-552.
- SIMS, C.A. (1980) “Macroeconomics and reality”, *Econometrica*, 48(1), p. 1-48.
- SINGER, H. (1950) “The Distributions of Gains between Investing and Borrowing Countries”, *American Economic Review*, 40, pp. 473-85.
- SLUTSKY, E. (1937) « The Summation of Random Waves as the Source of Cyclic Processes », *Econometrica*, 5(2), p. 105-146.
- STEINER, P. (2001) « De Simiand à l’école de la régulation », *L’Année de la régulation*, 5, p. 147-170.
- STEINER, P. (2005) *L’école durkheimienne et l’économie. Sociologie, religion et connaissance*. Genève, Droz.
- WIENER, N. (1958) *Non linear Problems in Random Theory*, N.J.T. Press.
- YULE, G.U. (1926) « Why do we sometimes get nonsense correlations between time-series, a study in sampling and the nature of time-series », *Journal of the Royal Statistical Society*, 89, p. 1-64.

2.9 Annexe

« Co-integrated variables and error-correcting models »

Texte inédit de GRANGER, écrit en 1983, resté à l'état de *unpublished* à l'université de San Diego. À cette époque, GRANGER utilisait encore la première écriture du terme « cointégré » en deux mots reliés par un tiret. Dès le papier de 1986, il adoptera la notation « cointegrated »
Ce texte provient des archives de Jésus GONZALO, professeur d'économétrie à l'université Carlos III de Madrid (Espagne), qui a soutenu sa thèse sous la direction de GRANGER 1991.

Les annotations sur le document sont celles de Jésus GONZALO.

Truase

Jeri Ford

83-13

Co-Integrated Variables and
Error-Correcting Models
C. W. J. Granger
University of California, San Diego

12.17

Research conducted under NSF grant SES 8208628. My thanks to Rob Engle for a number of very helpful comments.

Co-Integrated Variables and Error-Correcting Models

C. W. J. Granger

1. Introduction

The interaction between an economic theory and an empirically derived model of a sector of the economy has always been an uneasy and controversial topic. Two extreme positions are either to ignore completely any theory and let the data totally determine the model or to assume that the theory is correct and only to build models that are constrained accordingly. The vector ARMAX models fitted by time-series analysis approximates the first of these extreme positions and for large enough samples is a reasonable strategy provided a sufficiently rich class of models is considered. The other extreme position corresponds to some early econometric investigations in which the attitude was - "let the theorist provide the model and we will estimate any unknown parameters." This procedure is satisfactory if the theory is correct but not otherwise. A less extreme position, displaying both a respect for theories and a healthy skepticism that they totally correct, is to build models that allow a theory to be incorporated whilst at the same time containing sufficient dynamics to provide an adequate fit to the data.

A class of models that illustrates these ideas are known as "error-correcting" and have been discussed by Sargen (1964), Davidson, Hendry, Srba and Yeo (1978), Hendry and von Ungern Sternberg (1980), Currie (1981),

Dawson (1981) and Salmon (1982). In the bivariate case, one form of this error-correcting (EC) model is:

$$(1-B)^d a_1(B)y_t = m_1 + \beta(y_{t-1} - Ax_{t-1}) + (1-B)^d b_1(B)x_t + c_1(B)\epsilon_{1t} \quad (1.1)$$

$$(1-B)^d a_2(B)x_t = m_2 + c_2(B)\epsilon_{2t} \quad (1.2)$$

where ϵ_{1t} , ϵ_{2t} are a pair of zero-mean, jointly white noise (serially uncorrelated) series with finite variances, B is the lag operator so that $B^k z_t = z_{t-k}$, $a_1(B)$, $b_1(B)$, etc. are polynomials in B , usually assumed to be of finite order, with the property that $a_1(1) \neq 0$, $b_1(1) \neq 0$, etc. and $a_1(0) = a_2(0) = c_1(0) = c_2(0) = 1$. Suppose that there is a theory that "in equilibrium" the series x_t, y_t obey the linear constraint

$$y_t + Ax_t = \text{constant} \quad (1.3)$$

Provided $d > 0$ in (1.1), (1.2) so that in equilibrium $(1-B)^d x_t = \text{const.}$ and similarly for y_t , and putting $\epsilon_{1t} = \epsilon_{2t} = 0$, then if $\beta \neq 0$, the model given by (1.1) and (1.2) is consistent with the equilibrium theory (1.3). However, if a dynamic model is built as (1.1), (1.2) but with $\beta = 0$, as might be suggested by some forms of time-series analysis, the model could not be consistent with the theory. Similarly, if the true value of A is not equal to one but a theory is proposed that $A = 1$ and this is imposed in (1.1), again an inadequate model will result. In fact, as will be seen, imposing the wrong value of A in (1.1) may lead to a very serious model misspecification.

In this paper the properties of variables generated by generalized forms of the error-correction model will be considered. It will be seen that variables having a linear constraint equilibrium relationship will have a property, known as co-integratedness, that is potentially testable

2. Integrated and Co-Integrated Variables

A single series, x_t , is said to be integrated of order d , denoted $x_t \sim I(d)$, if it has a univariate generating model of the form

$$(1-B)^d (x_t - m) = c(B) \epsilon_t \quad (2.1)$$

where m is a constant, ϵ_t is zero-mean, univariate white noise with variance σ_ϵ^2 and $c(B)$ has the property $0 < |c(1)| < \infty$. It will be assumed throughout that all parameters are time invariant. Thus, series x_t are considered so that $(1-B)^d (x_t - m)$ has no deterministic component and is stationary, and thus has a purely non-deterministic Wold representation as a (possibly infinite order) moving average. It may be said that x_t needs differencing d times to achieve stationarity. If d is not an integer, $(1-B)^d$ has to be defined in terms of a power series expansion in B , see Granger and Joyeux (1981). If $d \leq 0$, then x_t is a stationary series with mean m . If $d > 0$, m is the starting value for the series, at $t = 0$, say. In what follows, m will generally be taken to be zero for ease of exposition but when dealing with real data, its existence can be important. Amongst the properties of integrated series are that x_t has infinite variance if $d \geq 1/2$, finite variance otherwise and with the assumptions made on $c(B)$,

the spectrum will be proportional to $(1 - \cos \omega)^{-d} \approx \omega^{-2d}$ for small frequencies ω . Further, if $x_t \sim I(d)$ then $A_0 + A_1 x_t$ is also $I(d)$ for any constants A_0, A_1 . In much of what follows, emphasis is given to the cases $d = 0$ or $d = 1$. The theory for other values of d is usually a simple extension of that presented here, but empirical analysis is usually much more difficult.

As the value of d determines the very low frequency component of the series it will largely determine the appearance of the series, the larger the d the smoother the series. One way of viewing this is to consider the number of times a series $x_t \sim I(d)$ crosses m , its mean or starting value. If $d = 1$ the expected time between crosses is infinite, if $d = 0$ the series is stationary and the expected time is finite and if $d = -1$ the series is stationary with a high negative correlation between adjacent values and so crosses will be very frequent.

If $x_t \sim I(d_x)$, $y_t \sim I(d_y)$ and if d_y it is generally true that

$$z_t = x_t + y_t \sim I(\max(d_x, d_y))$$

as can be seen from considering the spectrum of z_t . If $d_x = d_y = d$ then generally $z_t \sim I(d)$ but it is possible that $z_t \sim I(d_z)$ with $d_z < d$. As will be seen this reduction in order of integration occurs only for series with special properties. These ideas generalize to give:

Definition of Co-integrated

A finite-order vector $\underline{x}_t = \{x_{jt}, j=1, \dots, N\}$ of time series is said to be co-integrated of orders d, b , i.e. $\underline{x}_t \sim CI(d, b)$ if

- (i) each $x_{jt} \sim I(d)$,
- (ii) there exist a set of constants α_j (not all zero) such that

$$z_t(\underline{\alpha}) = \sum_j \alpha_j x_{jt} \sim I(d-b), \quad b > 0$$

(This definition is slightly different to that introduced in Granger and Weiss (1983).) $\underline{\alpha}' = (\alpha_1, \dots, \alpha_k)$ will be called the 'co-integrating vector'. It will be seen that for $N > 2$, $\underline{\alpha}$ need not be unique. A necessary condition for \underline{x}_t to be co-integrated is that if the spectrum of $z_t(\underline{\alpha})$ is denoted by $f_z(\omega, \underline{\alpha})$ then

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} |1 - e^{i\omega}|^{2d} f_z(\omega, \underline{\alpha}) = 0$$

To interpret the definition, consider initially a rather different situation. Suppose that p_t, q_t are a pair of stationary series with strong seasonal components, then generally any linear combination of the series will also have a strong seasonal. However, it is possible that the two seasonal components $p_t(s), q_t(s)$ obey a linear constraint, so that $p_t(s) + A q_t(s) = 0$, in which case $p_t + A q_t$ will have no seasonal. This is clearly a special, and possibly unusual, situation. The co-integration definition is mostly concerned with the very low frequency components of series. In the bivariate case, denote these components by $x_t(0), y_t(0)$, then

if $x_t \sim I(1)$, $y_t \sim I(1)$ for instance, and x_t, y_t are CI(1,1) so that $z_t = x_t + A y_t \sim I(0)$, it follows that the very low frequency components must be perfectly related and obey the linear constraint $x_t(0) + A y_t(0) = 0$. Thus, apart from the scaling constant A, the two series move together perfectly in the very long run, or low frequency components.

In interpretation of the co-integrated property can also be given in terms of the equilibrium concepts discussed in the previous section. A pair of stochastic series x_t, y_t could be said to be in equilibrium whenever $x_t + A y_t = 0$. Defining $z_t = x_t + A y_t$, z_t will then be the "equilibrium error." If x_t, y_t are both I(1) and not co-integrated, z_t will virtually never equal zero (or change sign) from the crossings argument, and so equilibrium will hardly ever occur. If x_t, y_t are CI(1,1) then zero crossings will happen and so equilibria can be expected to occur and an equilibrium theory may have some relevance. If x_t, y_t are both I(0) and also, CI(0,1), so that $z_t \sim I(-1)$, equilibria will occur frequently and now the co-integrated property again has relevance for an equilibrium theory.

It can be argued that a better equilibrium concept for stochastic processes is in terms of relationships at low frequencies, and such relationships are central to the idea of co-integratedness, provided the processes involved are integrated of the same order, that is condition (i) in the definition is obeyed. It should be clear that it is very difficult to talk about equilibria for a pair, or more, of stochastic processes which are integrated of different order.

In the multivariate case, with series x_{jt} , $j=1, \dots, N$, $N > 2$, the co-integrating vector α need not be unique. Consider, for example the case $N = 4$, then x_{1t}, x_{2t} could be co-integrated $CI(d, b)$, corresponding to the vector $(\underline{\alpha}^{(1)})' = (1, A_1, 0, 0)$ and similarly x_{3t}, x_{4t} could be co-integrated $CI(d, b)$, corresponding to the vector $(\underline{\alpha}^{(2)})' = (0, 0, 1, A_2)$. It follows that any linear combination of these vectors will necessarily be co-integrated of order $CI(d, b')$, $b' \geq b$, i. e.

$$z_t(\alpha(\lambda)) = \underline{\alpha}(\lambda) x_t \sim I(d-b')$$

where

$$\underline{\alpha}(\lambda) = \lambda_1 \underline{\alpha}^{(1)} + \lambda_2 \underline{\alpha}^{(2)}$$

for any constants λ_1, λ_2 . If there exist just r linearly independent vectors $(\underline{\alpha}^{(p)})'$, $p=1, \dots, r$ so that each $\underline{\alpha}^{(p)}$ is a co-integrating vector for the vector series x_t , such that $x_t' = (x_{1t}, \dots, x_{kt})$, and $z_t(\alpha^{(p)}) = (\underline{\alpha}^{(p)})' x_t \sim I(d-b)$, each p , then r may be called the "co-integrating rank" of x_t . If this rank is zero, x_t is not co-integrated. When $r \geq 2$, the vector x_t may be said to be multi co-integrated, denoted $MCI(d, b, r)$.

It is clearly possible from a vector x_t to be co-integrated $CI(d, b)$ but for sub-sections of the vector to be $CI(d, b')$, $b' > b$. For example, if $N = 4$, then x_{1t}, x_{2t} could be $CI(1, 1)$, x_{3t}, x_{4t} could be $CI(1, 1)$ but $x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, x_{4t}$ could be $CI(1, 2)$.

Interpretation of some of these situations is considered further in section 7.

3. Basic Time Series Models

If x_{jt} , $j=1, \dots, N$ are all $I(d)$ and $(1-B)^d(x_{jt} - m_j)$ are all stationary, then the vector \underline{x}_t with j^{th} component x_{jt} will have a Wold representation (see Hannan, 1970)

$$(1-B)^d(\underline{x}_t - \underline{m}) = \underline{C}(B) \underline{\epsilon}_t \quad (3.1)$$

where $\underline{\epsilon}_t$ is a vector of zero-mean, white noise series, with j^{th} component ϵ_{jt} and having covariance matrix $G = E[\underline{\epsilon}_t' \underline{\epsilon}_t]$. It will be assumed that the parameters of $\underline{C}(B)$ and the variances and covariances of the ϵ_{jt} are constant through time and that $\underline{C}(0)$ is the identity matrix of order $N \times N$. The constant vector \underline{m} could be replaced by a vector of deterministic components \underline{m}_t , but the theoretical analysis is unaltered and so this generalization will not be considered.

Suppose also that the $(j, k)^{\text{th}}$ component of the matrix $\underline{C}(B)$ can be written

$$C_{jk}(B) = C_{jk}(1) + (1-B)^{b_{jk}} C_{jk}^*(B) \quad (3.2)$$

all $b_{jk} > 0$, with $C_{jk}^*(1) \neq 0$. It is convenient to assume that all $b_{jk} = b$ and this assumption is made henceforth. The analysis can easily proceed without this assumption but it becomes more complicated. Thus,

$$\underline{C}(B) = \underline{C}(1) + (1-B)^b \underline{C}^*(B) \quad (3.3)$$

and

$$\begin{aligned}
 x_{jt} &= \sum_k C_{jk}(B)(1-B)^{-d} \epsilon_{kt} + m_j \\
 &= \sum_k \left[(1-B)^{-d} C_{jk}(1) + (1-B)^{b-d} C_{jk}^*(B) \right] \epsilon_{kt} + m_j .
 \end{aligned}$$

Define

$$\begin{aligned}
 z_t(\alpha) &= \sum_j \alpha_j x_{jt} \\
 &= (1-B)^{-d} \sum_k \left[\sum_j \alpha_j C_{jk}(B) \right] \epsilon_{kt} + \sum_j \alpha_j m_j
 \end{aligned}$$

which will have spectrum

$$f_z(\omega) = |1 - e^{i\omega}|^{-2d} \sum_{k,s} \alpha_k(\omega) \overline{\alpha_s(\omega)} \cdot \sigma_{ks}$$

where

$$\alpha_k(\omega) = \sum_j \alpha_j C_{jk}(e^{i\omega})$$

and

$$\sigma_{ks} = \text{cov}(\epsilon_{kt}, \epsilon_{st})$$

For the second property to hold in the definition of co-integratedness, it is necessary that

$$f_z(\omega) \approx |1 - e^{i\omega}|^{-2(d-b)}$$

for ω small so that

$$\alpha_k(\omega) \approx (1 - e^{i\omega})^b \alpha_k^*(\omega)$$

for ω small, and in particular $\alpha_k(0) = 0$. Thus

$$\sum_j \alpha_j C_{jk}(1) = 0 \quad \text{for } k=1, \dots, N \quad (3.5)$$

i. e.

$$\boxed{\underline{\alpha}' \underline{C}(1) = \underline{0}} \quad (3.6)$$

in matrix notation, $\underline{0}$ being a $1 \times N$ vector of zeros. An immediate consequence of (3.6) is that if the rank of $\underline{C}(1)$ is $N-r$, then $r > 0$ if \underline{x}_t is co-integrated, with co-integrating vector $\underline{\alpha}$. If $r = 1$, $\underline{\alpha}$ will be a unique vector such that $\underline{z}_t(\underline{\alpha}) \sim I(d-b)$, $b > 0$. If $r > 1$, $\underline{\alpha}$ will not be unique and r is the co-integrating rank of \underline{x}_t .

It might also be noted that if all $C_{ij}(B)$ are finite order polynomials in B , then b is necessarily an integer.

The above analysis indicates that

$$\begin{aligned} \underline{z}_t(\underline{\alpha}) &= \underline{\alpha}' \underline{x}_t \\ &= (1-B)^{b-d} \underline{\alpha}' \underline{C}^*(B) \underline{\varepsilon}_t + m_z \end{aligned} \quad (3.7)$$

where

$$m_z = \underline{\alpha}' \underline{m}$$

so that

$$\underline{z}_t(\underline{\alpha}) \sim \text{ARIMA}(0, d-b, q)$$

where $q = \max(\text{order polynomial } C_{ij}^*(B))$, given the well-known rules for adding moving averages. Let

$$\underline{\alpha}' \underline{C}^*(B) \underline{\varepsilon}_t = D(B) \eta_t$$

where η_t is a univariate white noise series. There appears to be no general reason why $D(B)$ should not be invertible and so an approximate

ARIMA(p, d-b, 0) model for $\underline{z}_t(\alpha)$ can be formed, giving

$$H(B)(1-B)^{d-b} \left(\sum_j \alpha_j x_{jt} \right) = \eta_t + \text{constant} \quad (3.8)$$

$$H(B) = D^{-1}(B) \quad , \quad \text{where } H(1) \neq 0 .$$

As will be seen, this expression suggests a test for co-integratedness. In terms of the stochastic equilibrium considered before, $\sum \alpha_j x_{jt}$ is the equilibrium error, apart from a constant and so (3.7) or (3.8) can be used to give the zero-crossing interpretation discussed in section 2.

4. Frequency Domain Results

Denoting

$$\underline{x}_t^{(d)} = (1-B)^d (\underline{x}_t - \underline{m})$$

the spectral/cross-spectral matrix $\underline{S}(\omega)$ for the series $\underline{x}_t^{(d)}$ is given by

$$\underline{S}(\omega) = \underline{C}(e^{i\omega}) \underline{C}'(e^{i\omega})$$

and it follows that the determinant of $\underline{S}(\omega)$ is proportional to the square of the determinant of $\underline{C}(e^{i\omega})$. As $\underline{C}(1)$ is singular, it follows that $\det(\underline{S}(\omega)) = 0$ as $\omega \rightarrow 0$. Denoting

$$\begin{aligned} L_{jk}^2(\omega) &\equiv \text{coherence}(x_{jt}, x_{kt}) \\ &\equiv \text{coherence}(x_{jt}^{(d)}, x_{kt}^{(d)}) \end{aligned}$$

it follows that

$$\text{determinant} \{ L_{jk}^2(0) \} = 0 .$$

There are therefore important constraints on the cross-spectral matrix components at very low frequencies for co-integrated series. In the bivariate case, $N = 2$, the constraint is just

$$\text{coherence}(x_{1t}, x_{2t}) = 1$$

at zero frequency if x_{1t}, x_{2t} are co-integrated. Thus, the very low frequency components of x_{1t}, x_{2t} are perfectly correlated. If $N = 3$, the constraint is

$$1 - L_{12}^2 - L_{13}^2 - L_{23}^2 - 2L_{12}L_{13}L_{23} = 0$$

as pointed out in Granger and Weiss (1983). It follows that if any two pairs of the series are each co-integrated (e.g. $L_{12} = 1, L_{13} = 1$), then all pairs will be. However, it is also possible that $L_{ij} < 1$ for all pairs. A further result is if $L_{12} = 1$ then it is necessarily true that $L_{13} = L_{23}$.

A case of special interest is when $d > 0$ and $d = b$, so that $z_t(\alpha) \sim I(0)$, i.e. $z_t(\alpha)$ is stationary and so has finite variance. Denote the ω frequency component of x_{jt} by $x_{jt}(\omega)$. If $d > 0$ the spectrum of x_{jt} is infinite at zero frequency, and so $\text{var}(x_{jt}(\omega))$ is effectively infinite for ω very near zero yet $\text{var}(\sum \alpha_j x_{jt}(\omega))$ is finite for small ω . Thus, the zero-frequency components virtually obey a linear constraint, the only deviation being a process having finite variance.

5. Vector Autoregressive and Error Correction Models

If the series $\underline{x}_{jt}(d) = (1-B)^d (\underline{x}_{jt} - \underline{m}_j)$, $j = 1, \dots, N$, are purely non-deterministic, stationary and of full rank, as assumed, then they will necessarily have the vector Wold representation

$$\underline{x}_t(d) = \underline{C}(B) \underline{\varepsilon}_t \quad (5.1)$$

in that both sides have the same spectral matrix. Further $\underline{C}(B)$ will be uniquely defined by the conditions that the function $\underline{C}(z)$, $z = e^{i\omega}$ be holomorphic within the unit circle and that $\underline{C}(0) = \underline{I}_N$, \underline{I}_N being the unit $N \times N$ matrix (see Hannan (1970)). In this representation the $\underline{\varepsilon}_t$ are zero mean white noise vectors with

$$\left\{ \begin{array}{l} E[\underline{\varepsilon}_t \underline{\varepsilon}_s'] = 0, \quad t \neq s \\ \quad \quad \quad = \underline{G}, \quad t = s. \end{array} \right.$$

As the previous results show, $\underline{C}(B)$ does not have an inverse for all B and so strictly no vector autoregressive (VAR) model exists corresponding to (5.1), if \underline{x}_t are co-integrated. However, as the problem with the inverse occurs from the limiting operation $B \rightarrow 1$, an autoregressive form can be achieved with some care. The first part of this section considers the case $d = b = 1$, $r = 1$ and shows how error-correcting models, of a particular form can be derived from the Wold representation (5.1) plus a co-integration restriction. Later in the section the general b, d, r case is stated. The proofs of the theorems necessary to achieve these results are given in the appendix.

If $\underline{A}(B)$ is the adjoint matrix of $\underline{C}(B)$ then (5.1) can be written

$$\underline{A}(B) \underline{x}_t(d) = \det(\underline{C}(B)) \underline{\varepsilon}_t \quad (5.2)$$

and, with $d = b = 1$, $r = 1$. the results in the appendix show that this becomes

$$[\underline{A}_0 + (1-B) \underline{A}_1(B)] \underline{x}_t = D(B) \underline{\varepsilon}_t \quad (5.3)$$

where $\underline{A}_1(1) \neq 0$ and \underline{A}_0 is of rank 1 and so may be written as

$$\underline{A}_0 = p \cdot \underline{\alpha}'$$

where $\underline{\alpha}$ is the co-integrating vector. A somewhat easier form to interpret comes from putting

$$\underline{A}_0 = (1-B) \underline{A}_0 + B \underline{A}_0$$

and using Theorem 2 of the appendix, which after re-ordering of terms produces

$$(1-B) \underline{x}_t = (\underline{A}_1(0) - \underline{A}_1(B)) (1-B) \underline{x}_t - p (\underline{\alpha}' \underline{x}_{t-1}) + D(B) \underline{\varepsilon}_t \quad (5.4)$$

Note that $\underline{A}_1(0) - \underline{A}_1(B)$ if expanded in powers of B will only involve terms B^j , $j > 0$. Thus, the j^{th} equation in the system (5.4) has the change in x_{it} being explained by lagged changes in x_{it} , $i = 1, \dots, N$, plus a constant (p_i) times the equilibrium error

$$\underline{z}_t(\alpha) = \sum \underline{\alpha}' \underline{x}_t$$

lagged one period and a moving average of ε_{jt} . The moving average

terms are the same for all equations. At least one of the p_i 's is non-zero, but the error-correction term $z_{t-1}(\alpha)$ can occur in any of the equations. This is essentially a reduced form set of equations, with all simultaneity coming through the covariance matrix of the white noise vector $\underline{\varepsilon}_t$. It should also be noted that each term in (5.4) is $I(0)$, given that $\underline{\alpha}$ is a co-integrating vector. If this were not the case, the equation would contain terms of different levels of integratedness which would not be consistent, in the old fashioned sense of this word.

In the more general case when the components of \underline{x}_t obey several co-integrating constraints, so that $r > 1$, but with $b = d = 1$ still, then the results in the appendix show that one still gets equation (5.4) but now \underline{p} is an $N \times r$ matrix of rank r and $\underline{\alpha}'$ is $r \times N$, having a set of linearly independent co-integrating vectors $\alpha_{(j)}$ as its rows. Thus, the j^{th} equation will be as before but now various equilibrium errors $z_t(\alpha_{(j)})$ can occur in each equation with associated parameters, the matrix of these parameters being of rank r . This clearly makes sense for the equilibrium interpretation of the error-correction models given in the first section. If there are just two variables, for instance, so that $N = 3$ and $r = 2$, then putting all changes and ε values to zero leaves just the terms

$$p_{j1} z_t(\alpha_{(1)}) + p_{j2} z_t(\alpha_{(2)}) = 0, \quad j = 1, 2, 3$$

If the \underline{p} matrix were only of rank 1, so that $p_{21} = p_{22} = p_{32} = 0$, for instance, then these equations would not be enough to ensure that both

equilibrium errors $z_t(\alpha_{(1)})$ and $z_t(\alpha_{(2)})$ are zero, only that a linear combination of them is zero. By ensuring that the rank of B is equal to r then "in equilibrium" all equilibrium constraints are necessarily obeyed.

The most general case, with any b, d and r gives an equation equivalent to (5.4) of the form

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} (1-B)^d \underline{x}_t &= (\underline{A}_1(0) - \underline{A}_1(B))(1-B)^d \underline{x}_t \\ &- \underline{p} [1 - (1-B)^b] (1-B)^{d-b} \underline{a}' \cdot \underline{x}_t + D(B) \underline{\epsilon}_t \end{aligned} \right. \quad (5.5)$$

that has no term in B^0 .

where \underline{p} is $N \times r$ and of rank r and \underline{a}' is $r \times N$ and of rank r . Note that all terms are $I(0)$ and $(1 - (1-B)^b)$ is a particular distributed lag operator, having finite order when b is an integer. If $d \neq b$, the equilibrium interpretation for the original variables is no longer available, but it is relevant for the differenced variables $(1-B)^{d-b} \underline{x}_t$.

The error-correcting form of vector autoregressive models has thus been derived from co-integratedness, or equilibrium, constraints between variables. Equally, the reverse will be true in that if data is generated by equation (5.5) they will be $CI(d, b)$ or $MCI(d, b, r)$.

6. Some Special Cases

To illustrate the results of the previous section, a few special cases will be considered.

(i) $N = 2, r = 1, d = 1, b = 1$, means zero. The Wold model is

$$\begin{aligned}(1-B)x_{1t} &= C_{11}(B)\epsilon_{1t} + C_{12}(B)\epsilon_{2t} \\ (1-B)x_{2t} &= C_{21}(B)\epsilon_{1t} + C_{22}(B)\epsilon_{2t}\end{aligned}\tag{6.1}$$

$$\text{cov}(\epsilon_{it}, \epsilon_{js}) = 0, \quad t \neq s$$

$$\text{cov}(\epsilon_{it}, \epsilon_{jt}) = \sigma_{ij}$$

and

$$C_{ii}(0) = 1, \quad C_{ij}(0) = 0, \quad i \neq j.$$

If $\underline{a}' = (1, -A)$, then $C_{11}(1) = AC_{21}(1)$ and $C_{12}(1) = AC_{22}(1)$ are the co-integrating conditions.

Inverting gives the following model, using the notation

$$\begin{aligned}C_{ij}(B) &= C_{ij}(1) + (1-B)C_{ij}^*(B), \\ (1-B)x_{1t} &= [(1-B)[C_{22}^*(0) - C_{22}^*(B)]x_{1t} \\ &\quad + (1-B)[C_{12}^*(0) - C_{12}^*(B)]x_{2t} \\ &\quad + C_{22}(1)[x_{1,t-1} - Ax_{2,t-1}] + D(B)\epsilon_{1t}\end{aligned}\tag{6.2}$$

where

$$D(B) = (1-B)^{-1}[C_{11}(B)C_{22}(B) - C_{21}(B)C_{12}(B)],$$

so that $D(0) = 1$. There is a similar equation for x_{2t} . Note that terms

$$C_{ij}^*(B) - C_{ij}^*(0) = \sum_{k=1} F_{ij,k} B^k$$

so that only lagged values are involved. In this case, the equilibrium error term $x_{1,t-1} - Ax_{2,t-1}$ occurs in the model if one of $C_{22}(1)$ and $C_{11}(1)$ does not vanish.

(ii) $N = 2, r = 1, d = 0, b = 1$, means zero.

Here, two stationary series, being $I(0)$ are in co-integrated. Again, let the co-integrating vector be $\underline{\alpha}' = (1, -A)$. In this case (5.5) gives

$$\begin{aligned} x_{1t} = & (C_{22}^*(0) - C_{22}^*(B))x_{1t} + (C_{12}^*(0) - C_{12}^*(B))x_{2t} \\ & + C_{22}(1)(1-B)^{-1}(x_{1,t-1} - Ax_{2,t-1}) + D(B)\varepsilon_{1t} \end{aligned} \quad (6.3)$$

and similarly for x_{2t} . Note that if w_t is some series then $(1-B)^{-1}w_t = \sum_{j=0} w_{t-j}$. Thus, (6.3) includes a term involving the sum of all past equilibrium errors. As these errors are $I(-1)$, the sum has a finite variance. This specification is clearly related to the integrated control literature, e.g. Phillips (1957).

(iii) $N = 2, r = 2, d = 1, b = 1$

A very special equilibrium structure has been considered by Hendry and von Unger-Sternberg (1980). Let X_{1t}, X_{2t} be a pair of $I(1)$ series and define $W_t = W_{t-1} + X_{1t} - X_{2t}$. They assume that X_{1t}, X_{2t} are $CI(1,1)$ and also that w_t and X_{1t} are $CI(1,1)$. However, the second of

these assumptions implies the first, so that actually only one equilibrium constraint is in action, not two as assumed. To see this, note that as

$$(1-B)W_t = X_{1t} - X_{2t}$$

it follows that in general $(1-B)W_t$ is $I(1)$, as X_{1t} and X_{2t} are each $I(1)$ and so W_t is $I(2)$. The only case where this is not so is if X_{1t} , X_{2t} are $CI(1,1)$ with co-integrating vector $(1, -1)$, and then W_t and X_{1t} can be co-integrating as they are both $I(1)$. Using the notation of example (i) above, W_t and X_{1t} are $CI(1,1)$ with co-integrating vector $(1, \lambda)$ if and only if

$$C_{11}^*(1) - C_{21}^*(1) = A C_{11}(1)$$

and

$$C_{12}^*(1) - C_{22}^*(1) = A C_{12}(1)$$

together with the conditions

$$C_{11}(1) = C_{21}(1)$$

$$C_{12}(1) = C_{22}(1)$$

which ensure that X_{1t} , X_{2t} are $CI(1,1)$. These are seen to be rather special conditions and not easily interpreted. The second equilibrium assumption, that W_t and X_{1t} are $CI(1,1)$ does not ensure that X_{1t} , X_{2t} move more closely together than merely assuming that X_{1t} and X_{2t} are $CI(1,1)$. If that is the objective of the second assumption then a better assumption would be that X_{1t} , X_{2t} are $CI(1,2)$.

7. Some Practical Considerations

→ (i) If there is a single co-integration constraint, so that $r = 1$, with co-integrating vector $\underline{\alpha}$ and with first term $\alpha_1 \neq 0$ then if x_{1t} is unobserved, the vector of the remaining $N-1$ series will not be co-integrated. However, if $r = 2$ a single missing variable will result in the remaining variables being co-integrated with $r = 1$. The reason is that if $\underline{\alpha}_{(1)}$ and $\underline{\alpha}_{(2)}$ are the two co-integrating vectors, then

$$\underline{\alpha} = \lambda_1 \underline{\alpha}_{(1)} + \lambda_2 \underline{\alpha}_{(2)}$$

will also be a co-integrating vector for any λ_1, λ_2 and these parameters can obviously be chosen so that any simple component of $\underline{\alpha}$ is zero, and this can correspond to the missing series.

→ (ii) An example of missing variables comes from aggregation situations. Suppose that in region 1, a pair of series may be recorded, x_{1t}, y_{1t} and these are CI(1,1) with vector $(1, A_1)$ and similarly for region 2, with series x_{2t}, y_{2t} and vector $(1, A_2)$. If the only observed series are the aggregates $x_t = x_{1t} + x_{2t}, y_t = y_{1t} + y_{2t}$, then in general, x_t, y_t will not be co-integrated. Some cases in which they are co-integrated are, $A_1 = A_2$, or $y_{1t} \equiv y_{2t}$.

If all x, y 's were observed, this would be a $N = 4, r = 2$ case but in the aggregate one has $N = 2, r = 0$ in general.

→ (iii) A theory may correctly state that a pair of variables are co-integrated, but these variables may only be available with the addition of measurement error, so that x_t, y_t are CI(d, b) but one observes

$$x'_t = x_t + \varepsilon_t$$

$$y'_t = y_t + \eta_t$$

Provided that ε_t, η_t and both $I(d')$, $d' < d$ then x'_t, y'_t will still be $CI(d, b)$. However, if x_t, y_t are $CI(0, 1)$, for example, and errors are both stationary, $I(0)$, then the variables with error, x'_t, y'_t , will not be co-integrated. As it seems likely that all measurement error will be at least $I(0)$ and that all observed variables contain such errors, it follows that co-integration results are only interesting for $d > 0$, at best. The results of this section, and the two previous sections, suggest that co-integratedness is not generally robust, and so should only be expected to be found in particular situations.

$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$
 $X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t + \dots + \varepsilon_{t-k+1}$
 $X_t - X_{t-k} = \varepsilon_t + \dots + \varepsilon_{t-k+1}$

(iv) If x_t is $I(1)$, then x_t and $y_t = x_{t-k}$, any finite k , will be co-integrated, as $x_t - x_{t-k}$ is $I(0)$, being the sum of k stationary components. Thus, the co-integrated theory, or the corresponding equilibrium theory, will only be of interest if the series involved are distinct and represent different parts of the economy. To generalize this consideration, suppose that x_t is $I(0)$ and x_t^* is the expectation of x_t given some proper information set I_{t-1} , i.e. $x_t^* = E[x_t | I_{t-1}]$, then $x_t - x_t^*$ will be $I(0)$, as shown in any forecasting text, so that x_t, x_t^* are $CI(d, d)$. This follows from the properties of optimum forecasts rather than from any equilibrium theory. It may also be noted that if x_t, y_t are $CI(d, b)$ then so will be x_t, y_{t-k} , any finite k , if $d \geq 1$.

(v) It appears to be true that if x_t, y_t are CI(1,1) then, in general, $\log x_t, y_t$ are not CI. Similarly, in general, $\log x_t$ and x_t are not CI.

8. Causality in Error-Correcting Models

An equilibrium relationship does not have any causality implications per se as causality is mostly concerned with the dynamics of the process and how equilibrium is attained. If an equilibrium is merely viewed as an instantaneous relationship, it may be possible to suggest instantaneous causality using information in addition to the available data, but consideration of such questions lie outside the natural scope of this paper.

However, as co-integratedness puts constraints on models it can have causality implications in what has become known as "the Granger sense," e.g. Granger (1980). This will be illustrated using the $d = b = 1, N = 2, r = 1$ case discussed in section 6(i). If the pair of series involved are x_{1t}, x_{2t} , with Wold model (6.1) and error-correction model (6.2), then the standard causality theory states that $x_{2t-k}, k \geq 0$, cannot be used to give an improved forecast of $x_{1,t+1}$ compared to just using $x_{1,t-k}, k \geq 0$ provided $C_{12}(B) \equiv 0$ in (6.1). If this condition does not hold then x_{2t} may be said to cause x_{1t} , or strictly to be a candidate for causality in mean with respect to the information set $(x_{1,t-k}, x_{2,t-k}, k \geq 0)$. Turning to (6.2) the possible causality is seen to have two components, x_{2t} can cause x_{1t} directly through the difference terms, the condition being $(C_{12}^*(0) - C_{12}^*(B)) \neq 0$, or through the error-correction or

or equilibrium error term, the condition being $C_{22}(1) [=A C_{12}(1)] \neq 0$. Clearly, if $C_{12}(B) = 0$, neither condition holds. It would be possible to only have the second causation component present, but standard time-series modelling techniques could well miss the error-correction term and so an incorrect conclusion could be reached about causation. For this to occur, one would need $C_{12}^*(B) = C_{12}^*(0)$ but $C_{12}(1) \neq 0$. Some algebra gives $C_{12}(B) = C_{12}(1) \cdot B$.

As a special case illustrating the various causal possibilities, consider the particular Wold representation:

$$(1-B)x_{1t} = (1-B)\varepsilon_{1t} + \lambda B\varepsilon_{2t}$$

$$(1-B)x_{2t} = (1-B)\theta\varepsilon_{1t} + \varepsilon_{2t}$$

$\lambda = A^{-1}$. In this case $C_{11}(1) = C_{21}(1) = 0$ and so the co-integrating constraints are easily met. The corresponding autoregressive model is:

$$(1-B)x_{1t} = (x_{1,t-1} - Ax_{2,t-1}) + (1 - \lambda\theta B^2)\varepsilon_{1t}$$

$$(1-B)x_{2t} = -\theta(1-B)x_{1,t-1} + (1 - \lambda\theta B^2)\varepsilon_{2t}$$

The Wold representation indicates two-way causality but the AR model shows that x_{2t} causes x_{1t} only through the error correction term, which is only found in the x_{1t} generating equation. It is also clear from the Wold representation that the long-term inter-relationship between x_{1t} and x_{2t} comes only through the ε_{2t} terms.

The question, "can there be no Granger causation but the variables be CI(1,1)?" has to be answered negatively. For no causation in either direction, it is necessary that $C_{12}(B)$ and $C_{21}(B)$ be identically zero. For the series to be co-integrated, it follows that necessarily $C_{11}(1) = 0$, as $C_{21}(0) = 0$ and similarly $C_{22}(1) = 0$. The first equation of (6.1) then becomes

$$(1-B)x_{1t} = (1-B)C_{11}^*(B)\epsilon_{1t}$$

and thus $x_t \sim I(0)$ rather than $I(1)$. The value of A is also indeterminate. Thus, if x_{1t}, x_{2t} are CI(1,1) it follows that (Granger) causality must occur in at least one direction.

9. Testing for Co-Integratedness and Possible Generalizations

The problem of how to test for co-integratedness is an interesting one and it is hoped to discuss this question in a later paper. It naturally falls into two sections - how to estimate the co-integrating vector α , if it exists, and then how to show that a series, such as the estimation equilibrium error is $I(d-b)$ rather than $I(d)$. A preceding step is to identify d , the level of integratedness of the series involved. Discussion of some of these questions can be found in Fuller (1976), Nelson and Plosser (1982) and Granger and Weiss (1983), but further research is clearly required, particularly for cases other than $d = 1, b = 1, r = 1$.

Considerable generalizations of the models discussed in this paper are possible. For example, integratedness could be defined in terms of

a series becoming harmonizable (see Ali (1982)) with bounded harmonizable spectrum after differencing. As harmonizable processes include most non-stationary processes with bounded moments this would produce a wide class of models. Co-integratedness could then be similarly generalized.

Other possible directions would allow the terms of the co-integrating vector $\underline{\alpha}$ to be slowly changing with time, to allow changes in the structure of the economy and its institutions, or to have the equilibrium errors enter the error-correction non-linearly so that large errors result in a more rapid correction. However, such topics would require too much extra analysis for consideration here.

10. Conclusion

Equilibrium theories for stochastic processes have been here rephrased in terms of constraints over low-frequency components, corresponding to a condition known as co-integratedness. This condition is potentially testable. A number of consequences of variables having this property in terms of constraints on the Wold representation and the spectral matrix have been derived. When the corresponding vector autoregressive model is derived, it is shown that generalizations of the error-correction model result. Thus, if it is desired to specify models involving equilibrium theories, specific models are shown to be relevant. At the very least, this theory suggests a richer class of models than now used by time-series analysts and a more closely specified class of models than now used by the more classical econometricians. However, the equilibrium conditions are not necessarily robust under aggregation or the presence of measurement errors.

Appendix. Properties of the Adjoint Matrix

Let $\underline{C}(B)$ be an $N \times N$ matrix function of B , and define the adjoint (or adjunct) matrix $\underline{A}(B)$ by

$$\underline{A}(B) = \{ (-1)^{j+k} \det(\underline{C}_{kj}(B)) \} \quad (A.1)$$

where $\underline{C}_{jk}(B)$ is $\underline{C}(B)$ but with the j^{th} column replaced by zeros except for a one at the j^{th} position and with the k^{th} row replaced by zeros except for a one in the k^{th} position, and $\det(\underline{C})$ is the determinant of \underline{C} .

It is always true that

$$\underline{C}(B) \cdot \underline{A}(B) = \underline{A}(B) \cdot \underline{C}(B) = \det(\underline{C}(B)) \cdot \underline{I}_N \quad (A.2)$$

where \underline{I}_N is the $N \times N$ identity matrix. Thus, if the inverse of $\underline{C}(B)$ exists it is $\underline{A}(B)/\det(\underline{C}(B))$. If the rank of $\underline{C}(B)$ is $N - r(B)$, it follows that

$$\begin{aligned} \text{rank } \underline{A}(B) &= N && \text{if } r(B) = 0 \\ &= 1 && \text{if } r(B) = 1 \\ &= 0 && \text{if } r(B) > 1 \end{aligned}$$

and that

$$\underline{C}(B) \underline{A}(B) = 0 \quad \text{if } r(B) \geq 1.$$

The assumptions made in the body of the paper will usually give $r(B) = 0$ for $B \neq 1$, $r \equiv r(1) \geq 0$, where r is the co-integrating rank of \underline{x}_t . It follows directly from (A.2) that if $\underline{C}(0) = \underline{I}_N$, as assumed as part of the identifying assumptions in the Wold representation, then

$$\underline{A}(0) = \underline{I}_N \quad (A.3)$$

Some useful properties of $\underline{A}(B)$ are given in the following two theorems:

Theorem 1

If $\underline{C}(B)$ is an $N \times N$ matrix which may be written as

$$\underline{C}(B) = \underline{C}(1) + (1-B)^b \underline{C}^*(B)$$

with $\underline{C}^*(0)$ not $\underline{0}$, and if $\underline{C}(1)$ is of rank $N-r$, $r > 0$, then

$$(i) \quad \det(\underline{C}(B)) = (1-B)^{br} D(B)$$

where

$$D(1) \neq 0$$

and

$$(ii) \quad \underline{A}(B) = \text{adjoint } \underline{C}(B) \\ = (1-B)^{b(r-1)} \underline{A}_{r-1} + (1-B)^{br} \underline{A}_r(B)$$

where \underline{A}_{r-1} is of rank r and is not a function of B .

Proof: Let \underline{C} be an $N \times N$ matrix which is a perturbation of a matrix \underline{C}_1 of rank $N-r$, so that

$$\underline{C} = \underline{C}_1 + \epsilon \underline{C}_2 + O(\epsilon^2)$$

where \underline{C}_2 is of rank N . Considering the power series

$$\det \underline{C} = \sum_{j=0}^N D_j \epsilon^j$$

it is clear that $D_j = 0$, $j < r$ as all terms involving ϵ^j , $j < r$, will be multiplied by determinants of submatrices of \underline{C}_1 of orders $(N-j) \times (N-j)$ and from the rank of \underline{C}_1 these will all be zero. The first possible non-zero term will be D_r . In general, D_r will be non-zero, but this is not guaranteed by the conditions given. Part (i) of the theorem follows by taking $\epsilon = (1-B)^b$ and

$$D(B) = \sum_{j=r}^N D_j \epsilon^{j-r} .$$

Writing

$$\begin{aligned} \underline{A} &= \text{adjoint } \underline{C} \\ &= \sum_{j=0}^N \epsilon^j \underline{A}_j \end{aligned}$$

then, as before, necessarily $\underline{A}_j = \underline{0}$ if $j < r-1$ as each element in these matrices will involve determinants of submatrices of \underline{C}_1 of order $(N-1-j) \times (N-1-j)$. From (A.2) and the first part of the theorem it follows that, for all ϵ

$$\left[\sum_{j=r-1}^N \epsilon^j \underline{A}_j \right] [\underline{C}_1 + \epsilon \underline{C}_2 + O(\epsilon^2)] = \epsilon^r D_r \underline{I}_N + O(\epsilon^{r+1})$$

so that necessarily

$$\underline{A}_{r-1} \cdot \underline{C}_1 = \underline{0} \tag{A.4}$$

and

$$\underline{A}_{r-1} \cdot \underline{C}_2 + \underline{A}_r \cdot \underline{C}_1 = D_r \underline{I}_N \tag{A.5}$$

from considering the terms in ϵ^{r-1} and ϵ^r respectively and equating the two sides of the equation.

Since C_1 is of rank $N-r$, there will be exactly r linearly independent vectors $\underline{\alpha}_{(j)}$, $j = 1, \dots, r$ such that

$$\underline{\alpha}'_{(j)} C_1 = \underline{0}$$

where $\underline{0}$ is the $N \times 1$ vector of zeros. It follows immediately from (A.4) that \underline{A}_{r-1} is of rank r and so it can be written as

$$\underline{A}_{r-1} = \underline{p} \cdot \underline{\alpha}'$$

where \underline{p} is an $N \times r$ matrix of rank r and $\underline{\alpha}'$ is the $r \times N$ matrix with $\alpha'_{(j)}$ as the j^{th} row.

The second part of the theorem follows by taking $\epsilon = (1-B)^b$ and B near to one, with

$$\underline{A}_r(B) = \sum_{j=r}^{\infty} \epsilon^{j-r} \underline{A}_j$$

Theorem 2

With the notation of Theorem 1

$$\underline{A}_r(0) = \underline{I}_N - \underline{A}_{r-1}$$

Proof: Directly from (A.3) and putting $B = 0$ into the statement in part (ii) of Theorem 1.

References

- Ali, M. M. (1982) Harmonizable processes: structure theory.
L'Enseignement Mathématique, 28, 295-351.
- Currie, D. (1981) Some long-run features of dynamic time-series models.
The Economic Journal, No. 363, Sept. 1981.
- Davidson, J. E. H., Hendry, D. F., Srba, F. and Yeo, S. (1978)
Econometric modelling of the aggregate time-series relationship
between consumer's expenditure and income in the United Kingdom.
Economic Journal, 88, 661-92.
- Dawson, A. (1981) Sargan's wage equation: a theoretical and empirical
reconstruction. *Applied Economics*, 13, 351-363.
- Granger, C. W. J. (1980) Testing for causality: a personal viewpoint.
Journal of Economic Dynamics and Control, 2, 329-352.
- Granger, C. W. J. and R. Joyeux (1980) An introduction to long-memory
time series models. *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 1,
15-30.
- Granger, C. W. J. and A. A. Weiss (1983) Time series analysis of
error-correction models. UCSD Economics Department
Working Paper. To be published in volume honoring
T. W. Anderson.
- Hannan, E. J. (1970) *Multiple Time Series*, New York, Wiley.
- Hendry, D. F. and T. von Ungern-Sternberg (1981) Liquidity and inflation
effects on consumer's expenditure, in A. S. Deaton (Ed.) *Essays*

in the Theory and Measurement of Consumer's Behavior,
Cambridge Univ. Press.

Phillips, A. W. (1957) Stabilization policy and the time forms of lagged responses. Economic Journal, 67, 265-77.

Salmon, M. (1982) Error correction mechanisms. The Economic Journal, 92, 615-29.

Sargan, J. D. (1964) Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology in Econometric Analysis for National Economic Planning, edited by P.E. Hart, G. Mills and J. N. Whittaker, Butterworths, London.