

Contribution à l'identification des déterminants économiques et financiers du prix mondial du cuivre dans un contexte d'économie circulaire : une approche par modélisation multi-agents

1 Contexte thématique

Alors qu'une hausse de la demande est attendue dans les prochaines années sur le marché des métaux comme celle du cuivre pour les bâtiments (due à l'urbanisation croissante), ou celle du lithium pour les batteries (due à la croissance des véhicules électriques), etc., il est de plus en plus difficile d'anticiper l'évolution du prix de ces métaux. En effet, sur la période 2000-2010 seule, d'importants changements ont bouleversé les fondamentaux classiques (loi de l'offre et de la demande) de ce marché, à savoir entre autres (a) un déplacement du centre de gravité de l'activité minière (entreprises, centre de production et de consommation et d'échanges) vers les pays émergents comme la Chine et (b) un retour des intérêts nationaux sur la problématique de l'approvisionnement stratégique. En parallèle, cette situation s'est accompagnée depuis 2004, d'une « financiarisation » des marchés des commodités, et qui s'est traduit par la transformation des commodités minérales en classe d'actifs financiers à part entière, déclinée par différents indicateurs : arrivée massive et opportuniste d'intervenants financiers (en position d'acheteurs ou de vendeurs) et de liquidités, développement de produits financiers divers et de plus en plus complexes, etc. La typologie des acteurs présents sur le marché et leur coexistence ont davantage accru cette complexité du fonctionnement du marché car l'arrivée de ces acteurs non-commerciaux (spéculateurs) et leur coexistence avec les acteurs « classiques » ou commerciaux impliquent une hétérogénéité des motivations donc des décisions. Le fait est que les acteurs classiques cherchent à optimiser leurs rentes (pour les utilisateurs) ou leurs coûts (pour les producteurs) alors que les spéculateurs utilisent les fluctuations potentielles des cours pour dégager un gain. Pour orienter leurs choix, ces spéculateurs sont donc sensibles à la fois à des signaux directs du marché des commodités (ou fondamentaux physiques – loi de l'offre et de la demande) et à des indicateurs financiers. Enfin, le recyclage (ou non) du métal se trouvant dans les produits en fin de vie contribue également à la variation de son prix.

C'est dans ce cadre, et avec le marché du cuivre comme cas d'étude, que le BRGM sis à Orléans recrute, **à partir de février 2016 et d'une durée de 6 mois**, un stagiaire en M2 recherche ayant des compétences soit en économie avec une utilisation avancée de la modélisation et simulation informatique, soit en modélisation et simulation informatique ayant une application avancée en économie ou socioéconomie.

2 Description du stage

2.1 Objectifs du stage

Dans un contexte de développement de méthodologies innovantes de modélisation prospective (sur les 25 prochaines années) du marché des métaux, dans un contexte d'économie circulaire (circuits métaux primaires et recyclés), les travaux du stagiaire auront pour but l'identification, par la démarche modélisation et simulation, des déterminants économiques et financiers de la variation du prix mondial du cuivre dans la période historique entre 2000 et 2014 (qui inclut donc la dernière crise économique et la financiarisation). L'étude tiendra compte des phénomènes non-linéaires à court et moyen-terme, générés entre autres par les paramètres de deuxième ou troisième ordre (comportements spéculatifs de banques, nationalisation des ressources...).

Afin de pouvoir considérer le comportement et les effets de ces acteurs économiques et non économiques, le stage se basera sur l'approche système multi-agents (SMA) et plus précisément l'approche ACE ou « Agent-based computational economics » (Tsfatsion, 2006), une approche qui a pris une place de plus en plus prépondérante dans la modélisation des marchés depuis la dernière crise économique (The Economist, 2010). A noter cependant que l'utilisation des ACE dans le domaine du marché des métaux est aujourd'hui encore très peu explorée. À ce jour, il y a par exemple un seul travail connu sur le lithium (Andriamasinoro & Ahne, 2013) et sur les terres rares (Riddle et al., 2015) respectivement. Cela s'explique en partie par un verrou de taille :

l'acceptation des SMA par le domaine minier (Lefebvre & Andriamasinoro, 2015). Enfin, SMA ou non, il y a très peu de modèles aujourd'hui de la marché des commodités qui tiennent compte des phénomènes non-linéaires (Agnon et al., 1999) qui plus est dans un contexte systémique et à court-terme du marché, alors qu'avec l'introduction des paramètres financiers, le suivi de ces périodes devient de plus en plus indispensable. Il est donc particulièrement attendu de ce stage une avancée dans cette acceptation via des éléments de réponse supplémentaires sur ces non-linéarités car leur détection permet à la société (les industries consommatrices de métaux et les emplois induits) de ne pas en subir la volatilité dans les décennies qui viennent.

2.2 Tâches à réaliser

- compréhension minimale du marché du cuivre
- prise en main de l'outil de simulation SMA du BRGM (développé en C#) sur lequel le modèle sera implémenté
- analyse de la littérature (travaux de recherche connexes, ...), à la fois sur les ACE en général que sur les l'application des ACE dans le domaine du marché des métaux
- proposition de solutions par rapport à l'état de l'art
- implémentation de la solution avec contribution à la collecte et croisement des données induites
- validation des résultats de modélisation/simulation auprès des experts en économie du marché des métaux.

2.3 Livrables matériels

Au-delà du rapport de stage à produire dans le contexte académique, il est attendu de ce stage :

- une publication scientifique contenant la méthode de travail, les résultats obtenus, la bibliographie et les avantages et limites de l'exercice réalisé.
- un outil de simulation présentant des premiers résultats discutables avec les experts du marché du cuivre. En particulier, il sera évalué la capacité (ou non) du modèle à reproduire le prix du cuivre tel qu'il est décrit dans la figure 1 ci-dessous, une période de temps qui inclut l'arrivée de la financiarisation (2004) ainsi que la crise économique (2008).

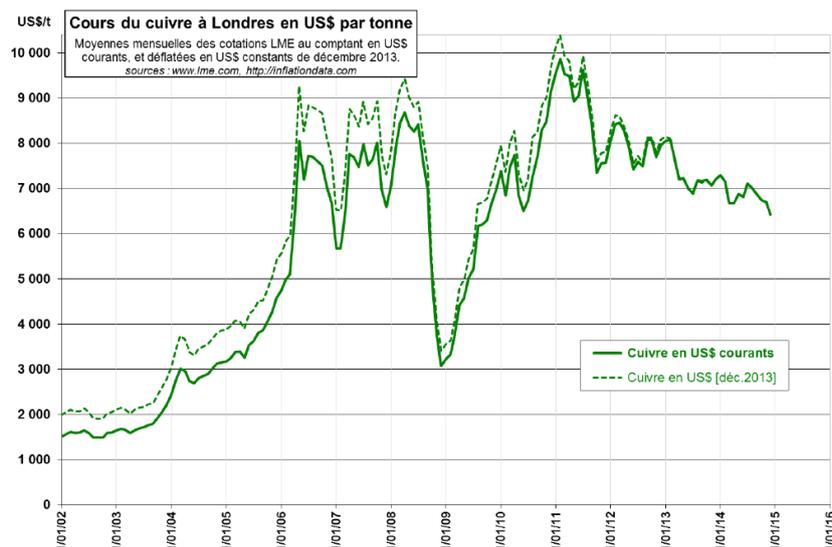


Figure 1 : Variation du prix du cuivre entre 2002 et 2015 (BRGM, 2015)

3 Conditions du stage

3.1 Compétences attendues

Connaissances obligatoires :

- la modélisation par SMA et la programmation orientée objet. La maîtrise du langage C# est souhaitée mais les candidatures ayant des compétences sur d'autres langages objets seront aussi examinées.
- une application de travaux antérieurs en modélisation/simulation, sur des problématiques économiques ou socioéconomiques

Sont des atouts, la connaissance du monde des géosciences et du marché des métaux (échelle macroéconomique)

Qualités attendues : force de proposition scientifique, autonomie, capacité d'intégration dans une équipe multidisciplinaire (travaux à réaliser en étroite collaboration avec des économistes et des géologues)

3.2 Aspects administratifs

Allocation (pour un stagiaire M2) :

- 520€ net/mois + 150€ net/mois de prime si travail satisfaisant

Frais d'hébergement :

- participation du BRGM (à hauteur de 382€/mois) si et seulement si le stagiaire ne disposait pas, avant stage, de domicile sur Orléans.

4 Contact BRGM

Mr Fenintsoa Andriamasinoro
BRGM Orléans - Direction des GéoRessources
☎ : 0 238 643 899
✉ : f.andriamasinoro@brgm.fr

5 Références citées dans ce document

Agnon, Y., Golan, A. & Shearer, M. (1999). Nonparametric, nonlinear, short-term forecasting: theory and evidence for nonlinearities in the commodity markets. *Economics Letters*, 65, 293-299.

Andriamasinoro, F. & Ahne, H. (2013). Prospective analysis of the world lithium market: contribution to the evaluation of supply shortage periods. *International Business & Economics Research Journal*, 12 (3), 359-372.

BRGM (2015). *Évolution des prix de divers métaux et autres substances minérales entre janvier 2002 et 2014*. [Online] Retrieved from <http://www.mineralinfo.fr/ecomine/evolution-prix-divers-metaux-2002-0>.

Lefebvre, G. & Andriamasinoro, F. (2015). Mining economist opinions on using multi-agent methodology to simulate metal markets. In: *Proceedings of the SIBR-Thammasat 2015 Conference on Interdisciplinary Business Research*. Bangkok, Thailand, June 4-6, pp.b15-138.

Riddle, M., Macal, C.M., Conzelmann, G., Combs, T.E., Bauer, D. & Fields, F. (2015). Global critical materials markets: An agent-based modeling approach. *Resources Policy*, 45, 307-321.

Tesfatsion, L. (2006). Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. In L. Tesfatsion & K. Judd, eds. *Handbook of Computational Economics*. Elsevier. Ch. 16. pp.831-80.

The Economist (2010). *Agents of change: Conventional economic models failed to foresee the financial crisis. Could agent-based modelling do better?* [Online] Retrieved from <http://www.economist.com/node/16636121>.