

Monsieur Rabie LOUKIL

Sciences Economiques

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*De la connectivité à la prévision : une approche par apprentissage automatique du nexus crypto-énergie-environnement*

Travaux dirigés par Monsieur Amine LAHIANI et FOUED BADR GABSI

Ecole doctorale : Sciences de la Société : Territoires, Economie, Droit - SSTED

Unité de recherche : LÉO - Laboratoire d'Economie d'Orléans

Cotutelle avec l'université "Université de Sfax" (Tunisie)

Soutenance prévue le **mercredi 17 juin 2026** à 10h00

Lieu : Batiment A, DEG, 13 rue de blois, 45100, Orléans

Salle : des thèses DEG

### Composition du jury proposé

|                               |                            |  |                       |
|-------------------------------|----------------------------|--|-----------------------|
| M. Amine LAHIANI              | Maître de conférences      | Université d'Orléans   | Directeur de thèse    |
| M. Dimitrios ASTERIOU         | Professeur                 | Oxford Brookes Business School   | Rapporteur            |
| M. Mohamed Safouane BEN AISSA | Professeur                 | FSEGT, Université de Tunis El Manar  | Rapporteur            |
| M. Mihai MUTASCU              | Professeur                 | West University of Timisoara -<br>Professeur associé LEO Orléans                         | Examineur             |
| M. Christophe RAULT           | Professeur des universités | Université d'Orléans   | Examineur             |
| M. Foued Badr GABSI           | Professeur                 | FSEGS – Faculté des Sciences<br>Économiques et de Gestion de Sfax,<br>Université de Sfax | Co-directeur de thèse |
| Mme Kirsten RALF              | Professeure                | ESCE International Business School   | Examinatrice          |
| Mme Nada MSELMI               | Maîtresse de conférences   | Université Paris-Saclay,   | Examinatrice          |

**Mots-clés :** Cryptomonnaie, transmission des chocs multi-échelles, environnement, Energie, machine learning, prévision

### Résumé :

Cette thèse analyse le nexus crypto-énergie-macrofinance-environnement comme un système intégré de marchés interdépendants, où les actifs numériques, les prix de l'énergie, les conditions macrofinancières et les facteurs environnementaux sont reliés par des canaux de transmission dynamiques. Plutôt que d'étudier les cryptomonnaies isolément, elle les considère comme intégrées dans un système économique et physique plus large, en raison de leur dépendance à des mécanismes énergivores et de leur intégration dans les marchés financiers mondiaux. L'analyse s'articule en quatre étapes : conceptualisation, cartographie empirique, identification structurelle et prévision. Premièrement, la thèse identifie les principaux mécanismes reliant actifs numériques, demande d'électricité, marchés énergétiques et contraintes environnementales. Deuxièmement, elle propose une cartographie empirique à l'aide d'un modèle VAR à paramètres variables dans le temps combiné à une analyse en ondelettes. Les résultats montrent une connectivité multiscalaire élevée entre cryptomonnaies, énergie, variables macrofinancières et indicateurs environnementaux. L'indice de connectivité totale reste élevé (70 %-90 %), avec des interdépendances plus fortes aux horizons longs. Le système présente des changements de régime nets, passant d'une dominance énergie-crypto à une structure de plus en plus influencée par des facteurs macroéconomiques et environnementaux. Troisièmement, la thèse traite un problème d'identification dans la mesure de la connectivité. Les approches généralisées peuvent confondre les comouvement intra-groupe et transmission inter-groupes. Le cadre CNC permet de les distinguer. Les résultats montrent une surestimation des spillovers par les mesures généralisées (8 %-12 %). Le cluster énergétique apparaît comme émetteur net, tandis que les actifs environnementaux sont fortement exposés aux chocs énergétiques. Les simulations Monte Carlo confirment le caractère structurel de cet écart. Enfin, la thèse montre que la connectivité contient une information prédictive. Les matrices de connectivité sont intégrées dans un modèle d'apprentissage graphique temporel pour prévoir les rendements du Bitcoin. Les gains prédictifs sont limités à court terme mais substantiels à long terme, où les spillovers inter-clusters dominent, avec des implications économiques en termes de performance de trading. Dans l'ensemble, la thèse met en évidence un système de transmission structuré et évolutif, dont une identification appropriée améliore à la fois l'interprétation économique et la performance prédictive.

### Summary:

This thesis examines the crypto-energy-macrofinance-environment nexus as an integrated system of interdependent markets, where digital assets, energy prices, macrofinancial conditions, and environmental factors are linked through dynamic transmission channels. Rather than analyzing cryptocurrencies in isolation, it treats them as part of a broader economic and physical system, reflecting both their dependence on energy-intensive validation mechanisms and their increasing integration into global financial markets. The analysis is structured in four steps: conceptualization, empirical mapping, structural identification, and prediction. First, the thesis defines the economic foundations of the nexus by identifying the key channels linking digital assets to electricity demand, fossil fuel markets, and environmental constraints. Second, it maps these interactions empirically using a wavelet-based time-varying parameter VAR model applied to U.S. data. The results reveal strong and persistent multiscale connectedness across cryptocurrencies, energy markets, macrofinancial variables, and environmental indicators. The Total Connectedness Index remains high, typically between 70% and 90%, with stronger linkages at longer horizons. The system also exhibits clear regime shifts: energy-crypto dominance before 2020, financial synchronization during COVID-19, and a post-2021 structure increasingly driven by macroeconomic and environmental forces. Third, the thesis addresses a central identification problem in connectedness measurement. Standard generalized measures

may confound within-group comovement with cross-group transmission. The Clustered Network Connectedness (CNC) framework resolves this issue by separating intra-cluster dependence from inter-cluster spillovers. Using daily data, the results show that generalized measures overestimate total spillovers by around 8–12%. The energy cluster acts as a net transmitter, while environmental assets are strongly exposed to energy shocks. Monte Carlo evidence confirms that this gap reflects structural identification rather than finite-sample bias. Finally, the thesis demonstrates that connectedness contains predictive information. Clustered connectedness matrices are embedded in a temporal graph-learning framework combining graph attention networks and gated recurrent units to forecast Bitcoin returns. Predictive gains are horizon-dependent: modest at short horizons but substantial at longer horizons, where cross-cluster spillovers dominate. These gains translate into economically meaningful improvements in trading performance. Overall, the thesis shows that the nexus operates as a structured and evolving transmission system. Proper identification is therefore essential not only for economic interpretation but also for improving predictive performance.