Contents

[1. Introduction 2](#_Toc211202353)

[1.1. Contexte du stage 2](#_Toc211202354)

[1.1.1. La production de CEE 2](#_Toc211202355)

[1.1.1. Obligation et obligés 2](#_Toc211202356)

[1.1.1. Bénéfice et contestations 3](#_Toc211202357)

[1.2. Le marché du CEE 4](#_Toc211202358)

[1.2.1. Marché primaire 4](#_Toc211202359)

[1.2.2. Marché Secondaire 4](#_Toc211202360)

[1.3. Contexte du stage 4](#_Toc211202361)

[1.4. Problématique 5](#_Toc211202362)

[2. Prédiction de séries temporelles 5](#_Toc211202363)

[2.1. État de l’art 5](#_Toc211202364)

[2.1.1. Modèles de prédiction linéaire 5](#_Toc211202365)

[2.1.2. Recurrent Neural Networks (RNN) 5](#_Toc211202366)

[2.2. Méthodologie 6](#_Toc211202367)

[2.2.1. Méthodologie globale 6](#_Toc211202368)

[2.2.2. Données 6](#_Toc211202369)

[2.2.3. ARIMA 6](#_Toc211202370)

[2.2.4. GRU 6](#_Toc211202371)

[2.2.5. LSTM 6](#_Toc211202372)

[2.3. Résultats 6](#_Toc211202373)

[3. Stratégie de trading 6](#_Toc211202374)

[3.1. Construction du signal 6](#_Toc211202375)

[3.2. Backtest 6](#_Toc211202376)

[3.3. Résultats 7](#_Toc211202377)

[4. Conclusion 7](#_Toc211202378)

[5. Bibliographie 7](#_Toc211202379)

[6. Annexe 8](#_Toc211202380)

# Introduction

## Contexte du stage

Le dispositif des certificats d’économie d’énergie (CEE) est un des principaux leviers du gouvernement afin de réduire la consommation énergétique de la France. Mise en place depuis 2005 par la loi de Programmation et Orientations de la Politique Énergétique. Comme l’indique son nom il s’agit en réalité d’un papier certifiant qu’une économie d’énergie a été ou sera réalisée.

### La production de CEE

La production de CEE est conventionnée par des fiches éditées par le ministère de la transition écologique qui normalise la production de CEE selon le type d’opérations effectuées. Tout d’abord il y a la réalisation de travaux d’isolation énergétique, comme le calorifugeage ou bien l’isolation thermique des bâtiments qui permettent directement de consommer moins d’énergie lors de la période la plus critique énergétiquement pour la France : l’hiver. Il y a également des CEE qui sont produits via des processus moins attendus. Par exemple la rénovation de pommeaux de douches donne aussi lieu à la création de CEE dans le sens où elle permet une économie d’eau qui amène à une consommation plus faible d’énergie. On peut également citer un exemple très connu : BlaBlaCar. En effet le géant du covoiturage génère énormément de CEE par son activité qui permet l’économie d’énergie via le partage de véhicule.

Ces fiches normalisent la production de CEE qui sont quantifiés en kilowattheure cumulé et actualisé (kWhc) qui est une méthode permettant d’estimer les économies d’énergie réalisées par un dispositif sur 20 ans en prenant en compte sa dégradation.

Dès que l’opération est réalisée, les CEE sont produits après une rapide vérification par un organisme d’état. Néanmoins pour certaines de ces fiches, particulièrement celles comprenant des travaux, il faut faire certifier une deuxième fois les travaux par un organisme nommé le COFRAC afin de valider définitivement les CEE. Si ces travaux ne sont pas validés par le COFRAC alors les CEE sont annulés même s’ils ont été transférés et ne sont généralement pas remboursés. Les malfaçons sont donc un enjeu extrêmement important dans le milieu des CEE car ils impliquent une perte financière importante du côté de l’acheteur.

On distingue deux types de CEE : classique et précarité. La particularité des CEE précarité et qu’ils peuvent être convertis en CEE classique. La plupart des fiches exotiques, (pommeaux de douche, covoiturage…) ne peuvent pas donner lieu à des CEE précarité. Ces derniers sont généralement produits par la réalisation de travaux sur des logements sociaux.

### Obligation et obligés

Le dispositif a pour but de faire financer les travaux d’économie d’énergie par les fournisseurs d’énergie (verte ou non), surnommés « obligés ».

Pour cela à chaque période, dont les dates de début et de fin sont fixées par le ministère de l’environnement, chaque obligé doit remplir une obligation qui dépendra majoritairement des quantités et du type d’énergie qu’il aura mis à la consommation. La formule peut changer à chaque période. Par exemple pour la période n°5, de 2022 à 2025, la méthode de calcul de l’obligation est la suivante :

Avec :

* : Volume de Vente sur l’année
* : Seuil de l’année
* : Forfait de l’année
* : Coefficient correctif appliqué pour calculer la volume sur lequel repose l’obligation

De plus les obligés ont également une obligation à remplir en termes de CEE précarité dont la formule est la suivante :

Avec :

* : Obligation globale de l’année

Les différentes valeurs dépendent du type d’énergie mise à la consommation et sont à retrouver dans le tableau en annexe COMPLETER.

Grâce à l’achat des CEE par les obligés ceux qui réalisent les opérations d’économie d’énergie peuvent se financer auprès des fournisseurs d’énergie et ainsi proposer une facture allégée au consommateur.

### Bénéfice et contestations

Les CEE ont permis de financer énormément de travaux de travaux de rénovation énergétique et en cela de rapprocher la France de ses objectifs de sobriété énergétique.

Cependant les CEE pâtissent des mêmes maux que le secteur de la construction. En effet les obligés lorsqu’il y a malfaçon, ou pire non-réalisation de travaux et donc détournement de l’argent destiné à ceux-ci, n’attaquent généralement pas en justice les entreprises à l’origine de ces troubles car elles sont trop petites et souvent en incapacité de payer les amendes qu’ils lui seront infligées.

De plus si les CEE sont payés par les entreprises fournisseuses d’énergie, ces dernières répercutent bien évidemment le prix de ces derniers sur la facture des consommateurs. Or dans un contexte où le pouvoir d’achat est en baisse beaucoup de partis politiques souhaitent faire baisser la facture énergétique des Français mettant en péril le dispositif.

## Le marché du CEE

Le marché des CEE est un marché de gré à gré qui présente des particularités liées à la manière dont sont produits les CEE. On peut distinguer deux marchés : primaire et secondaire.

### Marché primaire

Le marché primaire constitue une des sources premières de production de CEE. Il s’agit de préfinancement de travaux. Ce marché est extrêmement risqué pour l’organisme financeur puisqu’il avance de l’argent afin de financer des travaux or les entreprises dans le domaine de la construction ont souvent de très gros problèmes de trésorerie et peuvent disparaître du jour au lendemain. Cependant c’est aussi un levier important pour la réalisation des travaux puisqu’il permet justement une avance de trésorerie pour les installateurs qui en contrepartie revendent le CEE environ 60% moins cher.

### Marché Secondaire

Le marché secondaire se comporte comme un marché financier classique. Il s’agit de l’échange de CEE finis qui ont été revus par la COFRAC et qui ne présente quasiment aucun risque. On ne peut se limiter qu’à « quasiment » car le COFRAC peut annuler les CEE jusqu’à 10 ans après la réalisation des travaux.

OTC Flow est une entreprise fondée à Amsterdam qui s’est spécialisée dans le trading de commodités environnementales. Ils traitent une vaste partie des produits des commodités environnementaux : quotas carbones, biofuels et biocarburants.

Voyant le développement du marché des CEE en France OTC Flow a créé une succursale qui représente désormais une majeure partie du chiffre d’affaires du groupe.

Sur le marché des CEE OTC Flow agit en tant que broker autant sur le marché primaire, réalisant la due diligence sur les installateurs et obtenant le préfinancement auprès des obligés, que le marché secondaire où il match offre et demandes.

Il leur arrive également de prendre des prendre des trades ouverts sans contrepartie où ils assument le risque, c’est sur ces derniers que nous allons nous concentrer.

## Contexte du stage

Mon stage s’est déroulé au sein de l’équipe d’analystes dirigée par Simon Evanno. Durant ce stage j’ai eu l’opportunité de travailler sur différentes problématiques dont la réflexion de l’architecture risque de l’entreprise, la visualisation de différentes métriques via un outil de visualisation.

Le marché des CEE n’étant pas un marché régulé par l’AMF nous avons beaucoup de libertés quant à nos prises de position sur le marché et avons voulu explorer les possibilités de stratégie de trading sur ce marché. Ce document vous présentera une des stratégies de trading envisagées.

## Problématique

Dans le cadre de l’étude de différentes stratégies de trading nous avons envisagé d’implémenter des stratégies de trading en se basant sur la prédiction de séries temporelles.

La problématique est donc la suivante :

Les outils de prédiction de séries temporelles permettent-ils de prédire de manière fiable les prix ? Cette prédiction permet-elle ensuite l’implémentation de stratégie de trading bénéfique ?

# Prédiction de séries temporelles

## État de l’art

La prédiction de séries temporelles a connu une évolution marquée, passant des modèles statistiques linéaires comme les modèles ARIMA, développés dans les années 1970, aux approches neuronales modernes. Les réseaux de neurones classiques ont ensuite permis de capturer des relations non linéaires, ouvrant la voie aux Réseaux de Neurones Récurrents (RNN), capables de modéliser les dépendances temporelles.

Cependant, les limites des RNN de l’époque ont conduit à l’émergence d’architectures avancées telles que le Long Short-Term Memory (LSTM) et le Gated Recurrent Unit (GRU), qui améliorent la gestion de la mémoire à long terme et représentent aujourd’hui des références majeures en prévision séquentielle.

### Modèles de prédiction linéaire

Les modèles linéaires reposent sur le principe selon lequel la valeur future d’une variable peut être exprimée comme une combinaison linéaire de ses valeurs passées.

Les fondations du modèle linéaire remontent aux travaux de Yule (1927) et Walker (1931) qui introduisirent respectivement les modèles autorégressifs (AR) et à moyenne mobile (MA) dont les équations sont définies ci-dessous :

* AR(p) :
* MA(q) :

Dans les années 1970 Box et Jenkins ont formalisé et popularisé une famille de modèles ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) en proposant une méthodologie complète. ARIMA(p, d, q) combine trois parties :

* Une composante autorégressive (AR) d’ordre p
* Une composante intégrée (I) d’ordre d, représentant la différenciation de la série pour la rendre stationnaire
* Une composante moyenne mobile (MA) d’ordre q

La forme générale d’ARIMA est donné par :

Avec :

* : valeur observée à l’instant t
* : bruit blanc
* : l’opérateur de retard défini
* polynôme autorégressif
* polynôme de moyenne mobile
* représente la différenciation d’ordre d appliquée à la série

Dans le processus

### Recurrent Neural Networks (RNN)

Pourquoi

Vanishing gradient

#### Long Short-Term Memory (LSTM)

#### Gated Recurrent Unit (GRU)

## Méthodologie

### Méthodologie globale

### Données

### ARIMA

### GRU

### LSTM

## Résultats

# Stratégie de trading

## Construction du signal

## Backtest

## Résultats

# Conclusion

# Bibliographie

# Annexe

1. A white sheet with numbers and numbers

   AI-generated content may be incorrect.
2. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Note%20de%20Calcul%20obligation%20P5.pdf